





Diagnostics in a process control system

Patent number: DE10007972
Publication date: 2000-10-19
Inventor: SCHLEISS TREVOR D (US); BLEVINS TERRENCE L (US); WOJSZNIS WILHELM K (US)
Applicant: FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC (US)
Classification:
 - international: G05B19/048; G05B23/02
 - european: G05B23/02
Application number: DE20001007972 20000222
Priority number(s): US19990256585 19990222

Also published as:

 US6298454 (B1)
 JP2004206735 (A)
 JP2000250619 (A)
 GB2347232 (A)

Abstract not available for DE10007972

Abstract of corresponding document: **US6298454**

A diagnostic tool automatically collects and stores data indicative of a variability parameter, a mode parameter, a status parameter and a limit parameter associated with each of the different devices, loops or function blocks within a process control system, processes the collected data to determine which devices, loops or function blocks have problems that result in reduced performance of the process control system, displays a list of detected problems to an operator and then suggests the use of other, more specific diagnostic tools to further pinpoint or correct the problems. When the diagnostic tool recommends and executes a data intensive application as the further diagnostic tool, it automatically configures a controller of the process control network to collect the data needed for such a tool

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 07 972 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 05 B 19/048
G 05 B 23/02

⑦ Aktenzeichen: 100 07 972.5
② Anmeldetag: 22. 2. 2000
④ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 100 07 972 A 1

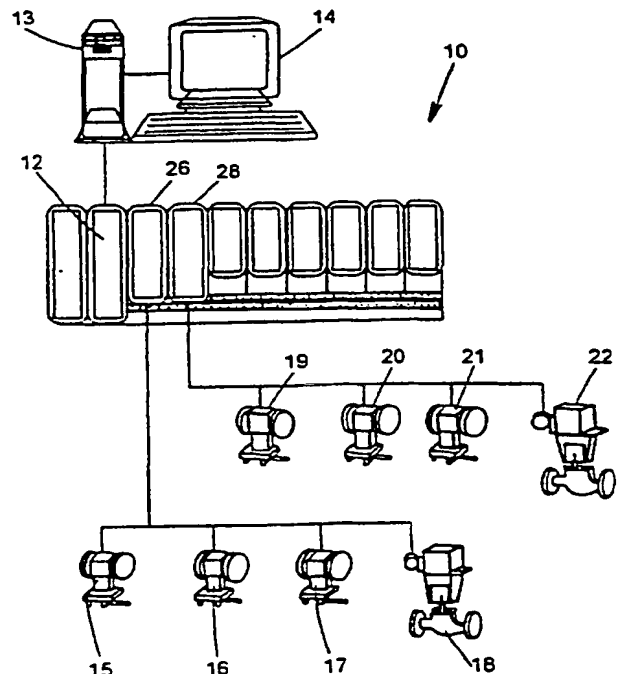
③ Unionspriorität:
256585 22. 02. 1999 US
⑦ Anmelder:
Fisher-Rosemount Systems, Inc., Austin, Tex., US
⑧ Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑦ Erfinder:
Schleiss, Trevor D., Austin, Tex., US; Blevins,
Terrence L., Round Rock, Tex., US; Wojsznis,
Wilhelm K., Round Rock, Tex., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤ Diagnosevorrichtung und -verfahren in einem Prozeßsteuersystem

⑤ Diagnosevorrichtung und -verfahren in einem Prozeßsteuersystem, das automatisch Daten, die einen Steuerungsparameter, einen Modusparameter, einen Statusparameter und einen Grenzwertparameter angeben, die jeder der unterschiedlichen Einrichtungen (15-22), Kreise oder Funktionsblöcke innerhalb eines Prozeßsteuersystems (10) zugehörig sind, erfaßt und speichert, die erfaßten Daten verarbeitet, um zu bestimmen, welche Einrichtungen (15-22), Kreise oder Funktionsblöcke Probleme haben, die zu einer verringerten Leistung des Prozeßsteuersystems (10) führen, eine Liste von erfaßten Problemen einer Bedienungsperson anzeigt und anschließend die Verwendung von weiteren, spezifischeren Diagnose-Tools vorschlägt, um die Probleme weiter einzugrenzen oder zu korrigieren. Wenn das Diagnose-Tool eine datenintensive Anwendung als das weitere Diagnose-Tool vorschlägt und ausführt, konfiguriert es automatisch eine Steuereinrichtung (12) des Prozeßsteuernetzes, um die für dieses Tool erforderlichen Daten zu erfassen.



DE 100 07 972 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Prozeßsteuersysteme und insbesondere die automatische Erfassung von Problemen, die innerhalb von Funktionsblöcken, Einrichtungen und Regelkreisen eines Prozeßsteuersystems vorliegen.

5 Prozeßsteuersysteme, wie beispielsweise die bei chemischen Prozessen, Prozessen in der Erdölverarbeitung oder anderen Prozessen verwendeten, enthalten typischerweise eine zentral angeordnete Prozeßsteuereinrichtung, die mit mindestens einer Host- oder Bedienungsworkstation und mit einer oder mehreren Anlageneinrichtungen über analoge, digitale oder kombinierte analog-digitale Busleitungen kommunikativ verbunden sind. Die Anlageneinrichtungen, welche
10 beispielsweise Ventile, Ventilpositioniereinrichtungen, Schalter und Meßwertgeber (z. B. Temperatur-, Druck und Durchflußmengensensoren) sein können, führen Funktionen innerhalb des Prozesses durch, wie z. B. das Öffnen oder Schließen von Ventilen und die Messung von Prozeßparametern. Die Prozeßsteuereinrichtung empfängt Signale, welche die von den Anlageneinrichtungen durchgeführten Prozeßmessungen und/oder andere Informationen, die mit den Anlageneinrichtungen in Zusammenhang stehen, anzeigen, verwendet diese Information, um eine Steuerroutine zu verwirklichen und erzeugt anschließend Steuersignale, welche über die Busleitungen zu den Anlageneinrichtungen gesendet
15 werden, um den Betriebsablauf des Prozesses zu steuern. Informationen von den Anlageneinrichtungen und der Steuereinrichtung werden typischerweise einem oder mehreren Anwendungsprogrammen verfügbar gemacht, die von der Bedienungsworkstation durchgeführt werden, um eine Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, jede gewünschte Funktion hinsichtlich des Prozesses durchzuführen, wie z. B. das Betrachten des gegenwärtigen Prozeßzustandes, Modifizieren des Betriebsablaufes des Prozesses, etc..

20 In der Vergangenheit wurden herkömmliche Anlageneinrichtungen verwendet, um analoge Signale (z. B. 4 bis 20 Milliampere) über eine analoge Busleitung oder analoge Leitungen zu der Prozeßsteuereinrichtung zu senden und von dieser zu empfangen. Diese 4 bis 20 mA-Signale waren in ihrer Natur insofern beschränkt, als sie Messungen anzeigten, die von der Einrichtung durchgeführt wurden, oder Steuersignale, welche von der Steuereinrichtung erzeugt wurden, die zur Steuerung des Betriebsablaufes der Einrichtung erforderlich war. Etwa im Verlauf des vergangenen Jahrzehnts wurden jedoch intelligente Anlageneinrichtungen, die einen Mikroprozessor und einen Speicher enthalten, in dem Bereich der Prozeßsteuerung vorherrschend. Zusätzlich zur Durchführung einer Primärfunktion innerhalb des Prozesses speichern intelligente Anlageneinrichtungen Daten, die zu der Einrichtung gehören, kommunizieren mit der Steuereinrichtung und/oder
25 anderen Einrichtungen in digitalem und/oder analogem Format und führen Sekundäraufgaben durch, wie z. B. Selbstsicherung, Identifizierung, Diagnose, etc.. Eine Reihe von Standardkommunikationsprotokollen und offenen Kommunikationsprotokollen für intelligente Einrichtungen, wie z. B. das HART®, PROFIBUS®, WORLDVIEW®, Device-Net® und CAN-Protokoll, wurden entwickelt, um intelligente Anlageneinrichtungen, die von unterschiedlichen Herstellern hergestellt wurden, in die Lage zu versetzen, miteinander innerhalb desselben Prozeßsteuernetzes verwendet zu werden.

Darüber hinaus besteht innerhalb der Prozeßsteuerungsindustrie die Tendenz, Prozeßsteuerungsfunktionen zu dezentralisieren. Beispielsweise verwendet das voll digitale Zweidraht-Bus-Protokoll, das von der Fieldbus-Foundation verbreitet wird und als das FOUNDATION™ Fieldbus-Protokoll (nachfolgend "Fieldbus" genannt) bezeichnet wird, Funktionsblöcke, die in unterschiedlichen Anlageneinrichtungen angeordnet sind, um Steuervorgänge durchzuführen, die früher innerhalb einer zentralisierten Steuereinrichtung durchgeführt wurden. Insbesondere ist jede Fieldbus-Anlageneinrichtung in der Lage, einen oder mehrere Funktionsblöcke zu enthalten und auszuführen, von welchen jeder Eingaben
35 von anderen Funktionsblöcken empfängt und/oder Ausgabesignale an andere Funktionsblöcke ausgibt (entweder innerhalb derselben Einrichtung oder innerhalb von verschiedenen Einrichtungen), und einer bestimmten Prozeßsteuerbetriebsablauf durchführt, wie z. B. das Messen oder Erfassen eines Prozeßparameters, die Steuerung einer Einrichtung oder die Durchführung eines Steuerbetriebsablaufes, wie z. B. das Umsetzen einer proportional-derivativ-integralen (PID) Steuerroutine. Die unterschiedlichen Funktionsblöcke innerhalb eines Prozeßsteuersystems sind so konfiguriert, daß sie miteinander (beispielsweise über einen Bus) kommunizieren, um einen oder mehrere Prozeßregelkreise zu bilden, deren individuelle Betriebsabläufe über den gesamten Prozeß verbreitet und somit dezentralisiert sind.

40 Mit der Einführung von intelligenten Anlageneinrichtungen ist es wichtiger als je zu vor, in der Lage zu sein, Probleme, die innerhalb eines Prozeßsteuersystems auftreten, rasch zu diagnostizieren und zu korrigieren, da dann, wenn mangelhaft arbeitende Kreise und Einrichtungen nicht erfaßt und korrigiert werden, eine suboptimale Leistung des Prozesses die Folge ist, was sowohl hinsichtlich der Qualität als auch der Quantität des hergestellten Produkts kostenintensiv sein kann. Viele intelligente Einrichtungen enthalten gegenwärtig Selbstdiagnose- und/oder Eichungsroutinen, die verwendet werden können, um Probleme innerhalb der Einrichtung zu erfassen und zu korrigieren. Beispielsweise haben die FieldVue- und ValveLink-Einrichtungen die von Fisher Controls International Inc. hergestellt werden. Diagnosefähigkeiten, die verwendet werden können, um bestimmte Probleme innerhalb dieser Einrichtungen zu erfassen, und sie haben ferner Eichungsabläufe, die zur Korrektur von Problemen, sobald sie erfaßt sind, verwendet werden können. Eine Bedienungsperson muß jedoch vermuten, daß bei der Einrichtung ein Problem vorliegt, bevor die Wahrscheinlichkeit besteht,
55 daß er oder sie ein derartiges Diagnose- oder Eichungsmerkmal der Einrichtungen verwendet. Es existieren ferner weitere Prozeßsteuer-Tools, wie z. B. automatische Abstimmeneinrichtungen, die verwendet werden können, um schlecht abgestimmte Kreise innerhalb eines Prozeßsteuernetzes zu korrigieren. Auch hier ist es jedoch erforderlich, einen mangelhaft arbeitenden Kreis zu identifizieren, bevor derartige automatische Abstimmeneinrichtungen effektiv verwendet werden können. Entsprechend sind andere, kompliziertere Diagnose-Tools vorhanden, wie z. B. Expertensysteme, Korrelationsanalyse-Tools, Spektrumanalyse-Tools, Neuronennetze, etc., welche für eine Einrichtung oder einen Kreis gesammelte Prozeßdaten verwenden, um darin vorhandene Probleme zu erfassen. Unglücklicherweise sind derartige Tools sehr datenintensiv und es ist praktisch unmöglich, alle Hochgeschwindigkeitsdaten zu sammeln und zu speichern, die erforderlich sind, um derartige Tools an jeder Prozeßsteuereinrichtung oder jedem Kreis eines Prozeßsteuersystems in systematischer Weise einzusetzen. Auch hier ist es somit erforderlich, einen Regelkreis oder eine Einrichtung mit einem Problem
60 zu identifizieren, bevor man in der Lage ist, derartige Tools effektiv zu verwenden.

Ferner erfaßt jede Einrichtung oder jeder Funktionsblock innerhalb eines intelligenten Prozeßsteuernetzes typischerweise größere Fehler, die darin auftreten, und sendet ein Signal, wie z. B. ein Alarmsignal oder ein Ereignissignal, um

eine Steuereinrichtung oder eine Hosteinrichtung zu benachrichtigen, daß ein Fehler oder ein anderes Problem aufgetreten ist. Das Auftreten dieser Alarmsignale oder Ereignissignale zeigt jedoch nicht notwendigerweise ein Langzeitproblem mit der Einrichtung oder dem Kreis an, das korrigiert werden muß, da diese Alarmsignale oder Ereignissignale ansprechend auf andere Faktoren erzeugt werden können (oder verursacht werden können), die nicht ein Resultat einer mangelhaft arbeitenden Einrichtung oder eines Kreises waren. Somit bedeutet die Tatsache, daß eine Einrichtung oder ein Funktionsblock innerhalb eines Kreises ein Alarmsignal oder ein Ereignissignal erzeugt, nicht unbedingt, daß die Einrichtung oder der Kreis ein Problem aufweist, das korrigiert werden muß. Andererseits können viele Einrichtungen Probleme haben, ohne daß das Problem einen Grad der Schwere erreicht, daß es als ein Alarm oder als ein Ereignis erfaßt wird.

Um Probleme innerhalb des Prozeßsteuersystems anfänglich zu erfassen, muß eine Prozeßsteuerungsbedienungsperson oder ein Techniker im allgemeinen eine Durchsicht von Daten, die innerhalb eines Prozeßsteuersystems erzeugt wurden (wie z. B. Alarmsignale und Ereignissignale sowie weitere Einrichtungs- und Kreisdaten) von Hand vornehmen, um festzustellen, welche Einrichtungen oder Kreise nicht optimal arbeiten oder nicht ordnungsgemäß abgestimmt sind. Diese manuelle Durchsicht erfordert, daß die Bedienungsperson über große Erfahrung bei der Erfassung von Problemen auf der Basis von Rohdaten verfügt, und auch mit einer solchen Erfahrung kann die Aufgabe bestenfalls zeitaufwendig und schlimmstenfalls undurchführbar sein. Beispielsweise kann die Geräteabteilung einer nur mittelgroßen Betriebsanlage zwischen 3.000 und 6.000 Anlageneinrichtungen, wie etwa Ventile und Meßwertgeber, enthalten. In dieser Umgebung hat der Instrumententechniker oder Regelungsingenieur, der für einen Prozeßbereich verantwortlich ist, schlicht nicht die Zeit, den Betriebsablauf aller Anlageneinrichtungsinstrumente und Regelkreise zu überprüfen, um zu erfassen, welcher Kreis oder welche Einrichtung möglicherweise nicht ordnungsgemäß arbeitet oder ein Problem aufweisen kann. Tatsächlich werden bedingt durch das begrenzte Personal gewöhnlich nur die Einrichtungen zur Wartung vorgesehen, die bis zu einem Punkt abgenutzt sind, daß sie dramatische Auswirkungen auf die Quantität oder die Qualität des hergestellten Produkts haben. Als Resultat werden andere Einrichtungen oder Kreise, die neu abgestimmt werden müssen oder die andere Probleme aufweisen, die unter Verwendung der vorhandenen Tools korrigiert werden könnten, nicht korrigiert, was zu einer insgesamt verschlechterten Leistungsfähigkeit des Prozeßsteuersystems führt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Diagnosevorrichtung in einem Prozeßsteuersystem zu schaffen, bei dem die vorstehend beschriebenen Probleme vermieden werden. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Diagnose von Problemen in einem Prozeßsteuersystem zu schaffen.

Die Lösung der Aufgabe ergibt sich aus Patentanspruch 1, 36, 51 und 60. Unteransprüche beziehen sich auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung, wobei auch andere Kombinationen von Merkmalen als in den Unteransprüchen beansprucht möglich sind.

Ein Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem sammelt und speichert automatisch Daten, die zu den verschiedenen Funktionsblöcken von Einrichtungen und Kreisen innerhalb des Systems gehören, verarbeitet diese Daten, um zu bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Probleme haben, die zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit des Prozeßsteuersystems führen können, und kann anschließend die Verwendung von weiteren, spezifischeren Diagnose-Tools vorschlagen, um das Problem weiter zu analysieren und zu korrigieren. Das Diagnose-Tool kann Probleme erfassen oder mangelhaft arbeitende Einrichtungen oder Kreise identifizieren, und zwar unter Verwendung einer Streuungsangabe, einer Modusangabe, einer Statusangabe oder einer Grenzwertangabe, die zu jedem der Funktionsblöcke oder der Einrichtungen innerhalb eines Prozeßsteuersystems gehört. Die Streuungsangabe wird vorzugsweise von jedem Funktionsblock innerhalb des Prozeßsteuersystems bestimmt oder teilweise bestimmt, um eine statistische Messung der Abweichung eines Parameters, der zu der Einrichtung oder dem Funktionsblock gehört, von einem Sollwert oder einem anderen Wert, der der Einrichtung oder dem Funktionsblock zugeordnet ist, zu schaffen. Die Modusangabe identifiziert den Modus, in welchem ein Funktionsblock oder eine Einrichtung arbeitet, das heißt einen normalen Modus oder einen nicht normalen Modus, um anzuzeigen, ob die Einrichtung oder der Funktionsblock in seinem vorgesehenen Modus arbeitet. Die Statusangabe identifiziert die Qualität eines Signals, das zu dem Funktionsblock oder der Einrichtung gehört, zu einem gegebenen Zeitpunkt. Die Grenzwertangabe kann feststellen, ob ein Funktionsblocksignal seiner Art nach begrenzt ist.

Das Diagnose-Tool kann bestimmen, bei welchen Funktionsblöcken, Einrichtungen oder Kreisen Probleme auftreten, und zwar basierend auf momentanen Werten oder auf einer Kompilierung von historischen Werten der Streuungsangabe, der Modusangabe, der Statusangabe, der Grenzwertangabe oder mehrerer dieser Angaben oder anderen Daten, die zu jedem Funktionsblock oder jeder Einrichtung gehören. Anschließend kann das Diagnose-Tool erfaßte Probleme einer Bedienungsperson über einen Anzeigebildschirm berichten und/oder schriftliche Berichte (wie z. B. gedruckte Berichte) oder elektronische Berichte erzeugen, die beispielsweise über das Internet (z. B. durch E-mail) den betreffenden Personen zugesandt werden.

Ferner kann das Diagnose-Tool beim Erfassen von Problemen innerhalb einer oder mehrerer Prozeßsteuereinrichtungen oder Kreise das oder die ordnungsgemäßen Tools vorschlagen, die zu verwenden sind, um das Problem weiter einzugrenzen und/oder das erfaßte Problem zu korrigieren. Wenn es eine Aufforderung dazu erhält, führt das Diagnose-Tool diese weiteren Tools auf einer Hostworkstation aus, um eine Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, weitere Diagnosefunktionen auszuführen. In Fällen, in welchen das Diagnose-Tool die Verwendung von weiteren datenintensiven Tools erfordert, um ein bestimmtes Problem zu diagnostizieren oder einzugrenzen (wie z. B. ein Expertensystem oder ein Korrelationsanalysewerkzeug), kann das Diagnose-Tool automatisch das Hostsystem so konfigurieren, daß die Daten, welche zum Ablauf dieses weiteren Tools erforderlich sind, erfaßt werden.

Auf diese Weise identifiziert das Diagnose-Tool die Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise etc., die Aufmerksamkeit benötigen, ohne daß es erforderlich ist, daß eine Bedienungsperson große Datenmengen, die zu zahlreichen Einrichtungen und Kreisen innerhalb eines Prozeßsteuersystems gehören, überprüft. Dies führt bei der Bedienungsperson zur Zeiteinsparung und macht es nicht erforderlich, daß die Bedienungsperson sehr viel Erfahrung bei der Feststellung von problembehafteten Einrichtungen und Kreisen hat. Ferner kann beim Erfassen eines Problems das Diagnose-Tool die Verwendung von weiteren Tools empfehlen, um das Problem einzugrenzen und/oder zu korrigieren, was die Bedienungsperson

son in die Lage versetzt, Probleme zu korrigieren, ohne Mußnahmen anstellen zu müssen, welches Tool in einer gegebenen Situation das geeignetste ist. Neben der Zeitersparnis reduziert diese Funktion die Belastung der Bedienungsperson und hilft dabei, sicherzustellen, daß die geeigneten Diagnose-Tools unter allen Umständen verwendet werden.

Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung anhand von Figuren näher erläutert.

5 **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines Prozeßsteuersystems, in dem ein Diagnose-Tool verwendet werden kann;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Prozeßsteuersystems nach **Fig. 1**, das die Konfiguration von zwei Prozeßregelkreise darstellt, die in Verbindung mit einem Diagnose-Tool ablaufen;

Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines Funktionsblocks, der einen Steuerungsangabengenerator aufweist;

10 **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm einer Routine, die durch ein Diagnose-Tool ausgeführt wird, um die Diagnose in dem Prozeßsteuersystem von **Fig. 1** und **2** durchzuführen;

Fig. 5 ist ein erstes Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in dem Prozeßsteuersystem von **Fig. 1** und **2** verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird;

Fig. 6 ist ein zweites Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in dem Prozeßsteuersystem von **Fig. 1** und **2** verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird;

15 **Fig. 7** ist ein drittes Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in den Prozeßsteuersystem von **Fig. 1** und **2** verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird; und

Fig. 8 ist ein Blockdiagramm einer Steuer- und Bedienungsworkstation von **Fig. 1** und **2**, das die Trenderfassungskommunikation zeigt, die zu einem Diagnose-Tool gehört.

Wie **Fig. 1** zeigt, enthält ein Prozeßsteuersystem **10** eine Prozeßsteuereinrichtung **12**, die mit einer Hostworkstation oder einem Computer **13** verbunden ist (bei dem es sich um jede Art von Personal Computer oder Workstation handeln kann), der einen Anzeigebildschirm **14** hat und mit Anlageneinrichtungen **15-22** über Eingabe/Ausgabe-(I/O)-Karten **26** und **28** verbunden ist. Die Steuereinrichtung **12**, die beispielsweise die DeltaVTM-Steuereinrichtung sein kann, die von Fisher-Rosemount Systems Inc. vertrieben wird, steht beispielsweise über eine Ethernet-Verbindung in Kommunikationsverbindung mit dem Hostcomputer **13** und steht mit den Anlageneinrichtungen **15-22** unter Verwendung jeder gewünschten Hardware und Software, die beispielsweise Standard 4-20 mA-Einrichtungen und/oder einem beliebigen intelligenten Kommunikationsprotokoll, wie dem Fieldbus-Protokoll, zugehörig ist, in Kommunikationsverbindung. Die Steuereinrichtung **12** implementiert oder überwacht eine Prozeßsteueroutine, die darin gespeichert ist oder anderweitig dieser zugehörig ist, und steht mit den Einrichtungen **15-22** und dem Hostcomputer **13** in Kommunikation, um einen Prozeß in jeder gewünschten Weise zu steuern.

20 Die Anlageneinrichtungen **15-22** können jede Art von Einrichtungen sein, wie z. B. Sensoren, Ventile, Meßwertgeber, Positioniereinrichtungen, etc., während die I/O-Karten **26** und **28** jede Art von I/O-Einrichtungen sein können, die mit einem gewünschten Kommunikations- oder Steuereinrichtungsprotokoll übereinstimmen. In der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform sind die Anlageneinrichtungen **15-18** Standard 4-20 mA-Einrichtungen, die über analoge Leitungen mit der I/O-Karte **26** kommunizieren, während die Anlageneinrichtungen **19-22** intelligente Einrichtungen sind, wie z. B. Fieldbus-Anlageneinrichtungen, die über einen digitalen Bus mit der I/O-Karte **28** unter Verwendung der Fieldbus-Protokollkommunikation in Verbindung stehen. Allgemein ausgedrückt ist das Fieldbus-Protokoll ein voll digitales seri-
25 elles Zweiweg-Kommunikationsprotokoll, das eine standardisierte physische Schnittstelle zu einem Zweidraht-Kreis oder einem Bus bietet, welche bzw. welcher die Anlageneinrichtungen miteinander verbindet. Das Fieldbus-Protokoll schafft tatsächlich ein lokales Netz für Anlageneinrichtungen innerhalb eines Prozesses, welches diese Anlageneinrichtungen in die Lage versetzt, Prozeßsteuerfunktionen (unter Verwendung von Funktionsblöcken) an Orten auszuführen, die über eine gesamte Prozeßanlage verteilt sind, und vor und nach der Durchführung dieser Prozeßsteuerfunktionen miteinander zu kommunizieren, um eine Gesamtsteuerstrategie umzusetzen. Es versteht sich, daß das Fieldbus-Protokoll zwar ein relativ neues voll digitales Kommunikationsprotokoll ist, das zur Verwendung in Prozeßsteuernetzen entwickelt wurde, dieses Protokoll jedoch nach dem Stand der Technik bekannt ist und im Detail in zahlreichen Artikeln, Broschü-
30 ren und technischen Beschreibungen beschrieben ist, die unter anderem von der Fieldbus-Foundation, einer gemeinnützigen Organisation mit Hauptsitz in Austin, Texas veröffentlicht, vertrieben und zur Verfügung gestellt wurden. Folglich werden die Details des Fieldbus-Kommunikationsprotokolls hier nicht im Detail beschrieben. Selbstverständlich könnten die Anlageneinrichtungen **15-22** mit jedem anderen gewünschten Standard oder Protokoll außer dem Fieldbus-Protokoll übereinstimmen, einschließlich von Standards oder Protokollen, die zukünftig entwickelt werden.

35 Die Steuereinrichtung **12** ist so konfiguriert, daß sie eine Steuerstrategie unter Verwendung von allgemein so bezeichneten Funktionsblöcken umsetzt, wobei jeder Funktionsblock ein Teil (z. B. eine Subroutine) einer Gesamtsteueroutine ist und in Verbindung mit anderen Funktionsblöcken (über Kommunikationsverbindungen, die als Verknüpfung bezeichnet werden) arbeitet, um Prozeßregelkreise innerhalb des Prozeßsteuersystems **10** zu implementieren. Funktionsblöcke führen typischerweise entweder eine Eingabefunktion, wie z. B. eine, die einem Meßwertgeber, einem Sensor oder einer
40 anderen Prozeßparametermeßeinrichtung zugehörig ist, eine Steuerfunktion, wie etwa eine, die einer Steueroutine, welche PID-, Fuzzy-Logic- und andere Steuerungen ausführt, zugehörig ist, oder eine Ausgabefunktion, welche den Betriebsablauf einer Einrichtung, wie z. B. eines Ventils, steuert, aus, um eine physische Funktion innerhalb des Prozeßsteuersystems **10** durchzuführen. Selbstverständlich existieren hybride Funktionsblöcke und andere Arten von Funktionsblöcken. Funktionsblöcke können in der Steuereinrichtung **12** gespeichert und ausgeführt werden, was typischerweise der Fall ist, wenn diese Funktionsblöcke für Standard 4-20 mA-Einrichtungen und einige Arten von intelligenten
45 Anlageneinrichtungen verwendet werden oder diesen zugeordnet sind, oder können in den Anlageneinrichtungen selbst gespeichert und umgesetzt werden, was bei Fieldbus-Einrichtungen der Fall ist. Während die Beschreibung des Steuersystems hierin unter Verwendung der Funktionsblocksteuerstrategie erfolgt, könnte die Steuerstrategie auch unter Verwendung von anderen Konventionen, wie z. B. Reihenlogik, umgesetzt oder gestaltet werden.

50 Die linke Seite der in **Fig. 2** dargestellten Steuereinrichtung **12** enthält eine schematische Darstellung von miteinander verbundenen Funktionsblöcken **30, 32** und **34**, die ein Beispiel eines Prozeßregelkreises **36** bilden, der zur Nutzung der Standard 4-20 mA-Einrichtungen **17** und **18** konfiguriert ist. Da die Funktionsblöcke **30, 32** und **34** mit dem Betrieb von 4-20 mA-Einrichtungen in Beziehung stehen, sind diese Funktionsblöcke in der Steuereinrichtung **12** gespeichert und
55

werden von dieser ausgeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform, in welcher eine DeltaV-Steuereinrichtung verwendet wird, sind die Funktionsblöcke 30, 32 und 34 so konfiguriert, daß sie Fieldbus-Funktionsblöcken ähnlich sind, das heißt daß sie dasselbe oder ein ähnliches Protokoll verwenden. Diese Konvention ist jedoch nicht nötig, da andere Funktionsblockkonfigurationen anstelle dessen verwendet werden könnten. Wie Fig. 2 zeigt, ist der Funktionsblock 30 ein analoger Eingabefunktionsblock (AI), der eine Messung, die beispielsweise von der Meßwertgeber- bzw. Sensoreinrichtung 17 durchgeführt wurde, an den Funktionsblock 32 abgibt. Der Funktionsblock 32 ist ein PID-Funktionsblock, der Berechnungen unter Verwendung jeder gewünschten PID-Strategie durchführt und ein Steuersignal über eine Verknüpfung an den Funktionsblock 34 abgibt, der vorzugsweise ein analoger Ausgabefunktionsblock (AO) ist. Der AO-Funktionsblock 34 kommuniziert beispielsweise mit der Ventileinrichtung 18, um zu veranlassen, daß sich das Ventil 18 gemäß dem Steuersignal von dem PID-Funktionsblock 32 öffnet oder schließt. Der AO-Funktionsblock 34 gibt ferner ein Rückkopplungssignal, das die Position des Ventils 18 anzeigen kann, an den PID-Funktionsblock 32 ab, welcher dieses Rückkopplungssignal verwendet, um das Steuersignal zu erzeugen. Die Steuereinrichtung 12 enthält eine Einrichtungsschnittstelle 38 (die in der Steuereinrichtung 12 oder in der IO-Einrichtung 26 von Fig. 1 implementiert sein kann), um mit den Einrichtungen 15-18 zu kommunizieren, um von diesen durchgeführte Messungen zu erhalten und Steuersignale an diese abzugeben, und zwar gemäß dem Regelkreis 36 oder anderen Regelkreisen. Die Einrichtungsschnittstelle 38 empfängt systematisch Signale von den Einrichtungen 15-18 und gibt diese Signale an die geeigneten Funktionsblöcke innerhalb der Steuereinrichtung 12 ab, die zu der Geberinrichtung gehören. Entsprechend gibt die Einrichtungsschnittstelle 38 systematisch Steuersignale von den Funktionsblöcken innerhalb der Steuereinrichtung 12 an die geeigneten Anlageneinrichtungen 15-18 ab.

Die rechte Seite der Steuereinrichtung 12 in Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines Regelkreises 40, der unter Verwendung von Fieldbus-Funktionsblöcken 42, 44 und 46 umgesetzt wurde, die in den Fieldbus-Anlageneinrichtungen 19 und 22 dezentral angeordnet sind. In diesem Fall sind die tatsächlichen Funktionsblöcke 42, 44 und 46 in den Anlageneinrichtungen 19 und 22 gespeichert und werden von diesen durchgeführt und teilen ihre zugehörigen Attribute Schattenfunktionsblöcken 42S, 44S und 46S (durch strichlierte Felder dargestellt) innerhalb der Steuereinrichtung 12 mit. Die Schattenfunktionsblöcke 42S, 44S und 46S sind gemäß der Funktionsblockkonfiguration eingerichtet, die von der Steuereinrichtung 12 verwendet wird, spiegeln jedoch den Status der tatsächlichen Funktionsblöcke 42, 44 und 46 jeweils wieder, so daß es der Steuereinrichtung 12 erscheint, daß die tatsächlichen Funktionen, die den Funktionsblöcken 42, 44 und 46 zugehörig sind, von der Steuereinrichtung 12 ausgeführt werden. Die Verwendung von Schattenfunktionsblöcken 42S, 44S und 46S innerhalb der Steuereinrichtung 12 setzt die Steuereinrichtung 12 in die Lage, eine Steuerstrategie unter Verwendung von Funktionsblöcken umzusetzen, die innerhalb der Steuereinrichtung 12 und auch innerhalb der Anlageneinrichtungen gespeichert sind und ausgeführt werden. Selbstverständlich kann die Steuereinrichtung 12 Regelkreise umsetzen, die sowohl Standardfunktionsblöcke (wie die Funktionsblöcke 30, 32 und 34) als auch Schattenfunktionsblöcke enthalten. Beispielsweise könnte der PID-Schattenfunktionsblock 44S, welcher dem tatsächlichen Funktionsblock 44 in der Ventilpositioniereinrichtung 22 zugehörig ist, mit dem AI-Funktionsblock 30 und dem AO-Funktionsblock 34 verknüpft werden, um einen Prozeßregelkreis zu bilden. Die Erstellung und Implementierung von Schattenfunktionsblöcken ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und ist im Detail in der US-Patentanmeldung Seriennummer 09/151,084 mit dem Titel "A Shadow Function Block Interface for Use in a Process Control Network", eingereicht am 10. September 1998, beschrieben, welche auf den Rechtsinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen ist und deren Offenbarung hiermit ausdrücklich durch Bezugnahme hierin eingeschlossen wird.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Steuereinrichtung 12 eine Diagnosedatenerfassungseinheit 48, welche beispielsweise ein Kurzzeitspeicher sein kann, der bestimmte Arten von Daten sammelt und speichert, die zu jedem der Funktionsblöcke (oder Schattenfunktionsblöcke) des Prozeßsteuersystems 10 gehören, um Probleme mit diesen Funktionsblöcken oder den Einrichtungen oder Kreisen, die zu diesen Funktionsblöcken gehören, zu erfassen. Die Datenerfassungseinheit 48 kann beispielsweise eine Steuerungsangabe, eine Statusangabe und/oder eine Grenzwertangabe für jeden der Funktionsblöcke innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 sammeln und speichern. Auf Wunsch kann die Datenerfassungseinheit 48 eine bestimmte Verarbeitung der erfaßten Daten wie nachfolgend beschrieben durchführen. Die Datenerfassungseinheit 48 sendet periodisch die erfaßten oder verarbeiteten Daten an die Bedienungsworkstation 13 über die Ethernet-Verbindung zur Speicherung in einem Langzeitspeicher oder Archivspeicher 50 und zur Verwendung durch ein Diagnose-Tool 52, das zumindest teilweise innerhalb der Bedienungsworkstation 13 angeordnet ist. Das Diagnose-Tool 52, das vorzugsweise als Software, die in einem Speicher der Bedienungsworkstation 13 gespeichert ist und von einem Prozessor 54 der Bedienungsworkstation 13 ausgeführt wird, implementiert ist, erfaßt Probleme innerhalb des Prozeßsteuersystems 10, berichtet diese Probleme und schlägt Tools zur Verwendung bei der weiteren Analyse und Korrektur dieser Probleme vor. Auf Wunsch können Teile der Diagnose-Toolsoftware innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder sogar innerhalb der Anlageneinrichtungen ausgeführt werden.

Das Diagnose-Tool 52 erfaßt systematisch Probleme unter Verwendung eines oder mehrerer Betriebsparameter der Funktionsblöcke oder Einrichtungen innerhalb des Prozeßsteuersystems 10, darunter z. B. ein Steuerungsparameter, ein Modusparameter, ein Statusparameter und ein Grenzwertparameter, der von jedem der Funktionsblöcke oder der Einrichtungen innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 bestimmt wurde (oder diesen zugehörig ist). Eine Angabe des Steuerungsparameters kann für jede Einrichtung oder jeden Funktionsblock innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 berechnet werden oder anderweitig bestimmt werden (ob diese Funktionsblöcke nun innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder dezentral innerhalb einer der Anlageneinrichtungen 19-22 implementiert sind), um den Fehler zwischen zwei Parametern des Funktionsblocks anzugeben. Diese beiden Parameter können verschiedene Signale sein, die dem Funktionsblock zugehörig sind, oder können zwei verschiedenen Messungen desselben Signals sein. Beispielsweise kann für AI-Funktionsblöcke die Steuerungsangabe den Fehler zwischen einem statistischen Meßwert (wie z. B. der Mittelwert, Medianwert, etc.) der durch einen Sensor über eine vorbestimmte Zeitdauer durchgeführten Messung und dem tatsächlichen oder momentanen Wert der Messung sein. Ähnlich kann für einen AO-Funktionsblock die Steuerungsangabe auf der Basis der Differenzen zwischen einem historischen statistischen Zustand einer Einrichtung über eine vorbestimmte Zeitdauer (beispielsweise die durchschnittliche Stellung des Ventils in einer Ventileinrichtung) und dem gegenwärtigen Zu-

stand der Einrichtung (wie z. B. die gegenwärtige Stellung des Ventils) berechnet werden. Für Steuerfunktionsblöcke, wie z. B. PID-, Verhältnis-, Fuzzy-Logic-Funktionsblöcke und dergleichen, kann die Steuerungsangabe auf einer Abweichung einer Prozeßparametereingabe in den Funktionsblock und einem Sollwert oder Zielwert, der dem Funktionsblock für diesen Parameter eingegeben ist, basieren.

- 5 In einer Ausführungsform kann ein Steuerungsindex als der integrierte absolute Fehler (IAE) über ein bestimmtes Intervall bestimmt werden, wie z. B. eine zehnminütige Bewertungsperiode. In diesem Fall kann der Steuerungsindex wie folgt berechnet werden:

$$10 \quad IAE = \sum_{i=1}^N \frac{|X(i) - S|}{N} \quad (1)$$

worin: N = die Anzahl der Abtastungen in der Bewertungsperiode;

- 15 X(i) = Wert der i-ten Abtastung des gewünschten Funktionsblockparameters, wie z. B. die Eingabe in den Funktionsblock für AI-Blöcke und Steuerblöcke; und

S = statistischer oder Sollwert des Parameters, mit dem der Funktionsblockparameter verglichen wird, z. B. der Sollwert (für Steuerblöcke), der Durchschnittswert des Funktionsblockparameters über die letzte Bewertungsperiode (für AI-Blöcke), etc.

- 20 Wenn die Variation zwischen den Variablen X und S von Gleichung (1) Gauss'scher Natur ist, dann ist der IAE gleich der Standardabweichung mal der Quadratwurzel des Produktes von zwei durch pi. Selbstverständlich könnte jede andere Steuerungsangabe zusätzlich oder anstelle der vorstehend beschriebenen IAE-Berechnung verwendet und somit ist die Steuerungsangabe nicht auf diejenige von Gleichung (1) beschränkt.

- Vorzugsweise berechnet jeder Funktionsblock, und insbesondere die innerhalb der Anlageneinrichtungen 19-22 angeordneten, automatisch eine Steuerungsangabe über jede Bewertungsperiode (z. B. über eine vorbestimmte Zeitdauer oder Anzahl von Arbeitszyklen) und sendet nach jeder Bewertungsperiode die berechnete Steuerungsangabe an die Datenerfassungseinheit 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder den Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13. Diese Steuerungsangabe kann beispielsweise der vorstehend angegebene Steuerungsindex sein oder kann Unterteilungen davon darstellen, die verwendet werden können, um den vorstehend angegebenen Steuerungsindex zu bestimmen. Wenn die Funktionsblöcke Feldbus-Funktionsblöcke sind, die in einer der Anlageneinrichtungen 19-22 angeordnet sind, kann die Steuerungsangabe unter Verwendung von asynchroner Kommunikation an die Steuereinrichtung 12 gesendet werden. Während der endgültige Steuerungsindex für jeden Funktionsblock von der Steuereinrichtung 12 oder der Bedienungsworkstation 13 vollständig berechnet werden könnte, würde dies erfordern, daß jeder Funktionsblock Daten an diese Einrichtungen nach jedem Arbeitszyklus (typischerweise etwa alle 50-100 Millisekunden) sendet, was eine Menge zusätzlicher Kommunikation über die Busse des Prozeßsteuernetzes 10 bedeuten würde. Um diese zusätzliche Kommunikation zu beseitigen, ist es bevorzugt, jeden Funktionsblock so zu gestalten, daß er eine Steuerungsangabe für diesen berechnet und anschließend diese Steuerungsangabe über die Kommunikationsbusse ein Mal pro Bewertungsperiode sendet, was typischerweise in der Größenordnung von ein Mal pro Minute, pro 10 Minuten oder mehr liegt. Gegenwärtig bieten keine bekannten Standardfunktionsblöcke diese Fähigkeit und es sollte daher zu den innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 verwendeten Funktionsblöcken hinzugefügt werden.

- 40 In einer Ausführungsform werden die Berechnungen für einen endgültigen Steuerungsindex, der einem Funktionsblock zugehörig ist, zwischen dem Funktionsblock und dem Diagnose-Tool 52 aufgeteilt. Insbesondere da die Berechnung des Steuerungsindex Rechenleistung benötigt, werden die die meiste Rechenleistung benötigenden Teile dieser Berechnungen in der Bedienungsworkstation 13 oder der Steuereinrichtung 12 durchgeführt. Für diese Erörterung werden die Berechnungen für einen Steuerungsindex für Eingabe- und Ausgabeblöcke einfach als ein Steuerungsindex (VI) bezeichnet, während der Steuerungsindex für die Steuerfunktionsblöcke als ein Steuerindex (CI) bezeichnet wird. Der VI (der für die Eingabeblöcke, Ausgabeblöcke und Steuerblöcke im manuellen Modus verwendet wird) und der CI (der für die Steuerblöcke im Auto-Modus verwendet wird) kann von der Bedienungsworkstation 13 oder der Steuereinrichtung 12 wie folgt berechnet werden:

$$50 \quad VI = 1 - \frac{S_{1q} + S}{S_{tot} + S} \quad (2)$$

$$55 \quad CI = 1 - \frac{S_{1q} + S}{S_{tot} + S} \quad (3)$$

worin: S_{1q} = Mindeststandardabweichung, die mit Rückkopplungsregelung erwartet wird;

S_{tot} = tatsächlich gemessene Standardabweichung; und

- 60 s = Empfindlichkeitsfaktor, der zur Stabilisierung der Berechnungen verwendet wird.

S_{1q} kann berechnet werden als

$$65 \quad S_{1q} = S_{capab} \sqrt{2 - \left[\frac{S_{capab}}{S_{tot}} \right]^2} \quad (4)$$

worin: S_{capab} = die geschätzte Fähigkeitsstandardabweichung (Standardabweichung bei Idealbetrieb des Prozesses).

Ein kleiner Systemfehlerwert s wird zu den Werten S_{capab} und S_{tot} in den Gleichungen (2) und (3) hinzugefügt, da festgestellt wurde, daß dann, wenn das Störungs/Rauschsignalverhältnis (das heißt das Verhältnis von niederfrequenten zu

hochfrequenten Störungen) zu hoch ist, auch die VI- und CI-Berechnungen zu hohe Werte ergeben. Eine rasche Abtastung mit sehr geringen Unterschieden zwischen aufeinanderfolgenden Messungen trägt auch zu diesem Problem bei. Es wurde festgestellt, daß der Systemfehlerwert s diese Berechnungen stabil macht. Der empfohlene Systemfehlerwert s beträgt 0,1% des Meßbereichs (annähernd die Meßgenauigkeit). Es versteht sich, daß ein Wert von Null für die VI- oder CI-Berechnung der Gleichungen (2) und (3) der beste Fall ist, während ein Wert von eins der schlimmste Fall ist. Diese oder andere Streuungsindizes könnten jedoch auch so berechnet werden, daß ein Wert von eins (oder auch ein anderer Wert) der beste Fall ist.

Auf Wunsch kann ein prozentualer Verbesserungswert (PI) für die Steuerblöcke als das Hundertfache des CI-Wertes für den Steuerblock geschaffen werden.

Um die vorstehend beschriebenen Berechnungen von VI, CI und PI in möglichst effizienter Weise durchzuführen, kann jeder der Funktionsblöcke beispielsweise in der DeltaV-Umgebung oder der Fieldbus-Umgebung die Werte S_{capab} und S_{tot} als Streuungsangaben berechnen und diese Werte der Steuereinrichtung 12 sichtbar machen, die anschließend den VI- und CI-Wert unter Verwendung der Gleichungen (2) und (3) berechnen kann oder die Werte S_{capab} und S_{tot} dem Diagnose-Tool 52 in der Bedienungsworkstation 13 zur Verfügung stellen kann, welche die VI- und CI-Werte berechnen kann. Die Zwischenberechnungen, die zur Bestimmung der Werte S_{capab} und S_{tot} erforderlich sind, werden bei jeder Ausführung des Funktionsblocks durchgeführt und die Werte S_{capab} und S_{tot} werden einmal pro N Ausführungen des Funktionsblocks (das heißt einmal in jeder Bewertungsperiode) aktualisiert. In einer Implementierung können die Werte S_{capab} und S_{tot} nach 100 Ausführungen des Funktionsblocks aktualisiert werden.

Die Gesamtstandardabweichung S_{tot} kann in dem Funktionsblock unter Verwendung der sogenannten Bewegzeitfensterberechnung wie folgt berechnet werden:

$$S_{tot} \equiv 1,25 \text{ MAE} \quad (5)$$

worin MAE der mittlere absolute Fehler ist, der wie folgt berechnet wird:

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |y(t) - y_{st}| \quad (6)$$

und worin:

N = die Anzahl der Ausführungen in einer Bewertungsperiode;

$y(t)$ = der Wert der t -ten momentanen Abtastung des gewünschten Funktionsblockparameters, wie etwa der Eingabe des Funktionsblocks; und

y_{st} = der statistische Wert oder Sollwert des Parameters, mit dem der Funktionsblockparameter verglichen wird, z. B. der Durchschnitts- oder Mittelwert des Funktionsblockparameters über die letzte Bewertungsperiode.

Allgemein ausgedrückt wird der Prozeßwert (PV) des Funktionsblocks in den I/O-Blöcken verwendet, um y_{st} zu berechnen. In Steuerblöcken wird in Abhängigkeit vom Blockmodus entweder der Arbeitssollwert oder PV als y_{st} verwendet.

Die Fähigkeitsstandardabweichung, S_{capab} , kann wie folgt berechnet werden:

$$S_{capab} = \frac{MR}{1,128} \quad (7)$$

worin MR der durchschnittliche Bewegungsbereich ist, der folgendermaßen berechnet werden kann:

$$MR = \frac{1}{N-1} \sum_{t=2}^N |y(t) - y(t-1)| \quad (8)$$

Um die Berechnungen zu reduzieren, wird nur die Summierungskomponente, die dem MAE und MR zugehörig ist, während jedes Durchführungszyklus des Funktionsblocks ausgeführt. Die Teilung der Summe durch N oder $N-1$ kann als Teil der Berechnung von S_{tot} und S_{capab} einmal pro N Durchführungen (das heißt einmal pro Bewertungsperiode) durchgeführt werden. Aus den vorstehenden Formeln ist ersichtlich, daß:

$$S_{tot} = 1,25 * \frac{1}{N} * Fehler_{abs} \quad (9)$$

$$S_{capab} = \frac{\frac{1}{N-1} * Delta_{abs}}{1,128} \quad (10)$$

worin $Fehler_{abs}$ und $Delta_{abs}$ jeweils die Summierungen in Gleichungen (6) und (8) darstellen und auf kontinuierlicher Basis während jedes Durchführungszyklus des Funktionsblocks berechnet werden.

Selbstverständlich ist die Qualität der Eingabe in den Funktionsblock, die in diesen Berechnungen verwendet wird, wichtig, und somit wird angestrebt, nur Daten zu verwenden, die einen guten Status haben, sowie Daten, die nicht beschränkt sind. Wenn Fieldbus- oder DeltaV-Funktionsblöcke verwendet werden, berücksichtigt die Modusvariable den

Status von PV, Sollwert und BackCalibration, so daß die Modusvariable verwendet werden kann, um ordnungsgemäße Berechnungen für den Streuungsindex sicherzustellen. Beispielsweise werden im OOS-Modus (außer Dienst gestellt) die Variablen S_{tot} und S_{capab} nicht bestimmt, sondern anstelle dessen auf den besten Fallwert (beispielsweise Null) gestellt, um die Erfassung eines Fehlers zu verhindern. Wenn bei einem Warnstart der Modus von OOS auf einen anderen Modus geändert wird, können die Variablen S_{tot} und S_{capab} auf Null (einen besten Fallwert) gesetzt werden, der Abtastzähler kann rückgestellt werden und die Variablen Fehler_{abs} und Daten_{abs} der Gleichungen (9) und (10) können auf Null gesetzt werden. Auch die früheren Werte von y und y_{st} sollten rückgestellt werden.

Fig. 3 zeigt einen Funktionsblock 55, der eine Eingabe 56, eine Ausgabe 57 und einen Streuungsangabengenerator 58, der mit der Eingabe 56 verbunden ist, hat. Auf Wunsch kann der Streuungsangabengenerator 58 zusätzlich oder alternativ mit der Ausgabe 57 und/oder anderen Teilen des Funktionsblocks 55 verbunden sein, um andere Funktionsblockparameter oder Signale (diese Verbindungen sind in Fig. 3 durch punktierte Linien dargestellt) zu empfangen. Wenn der Funktionsblock 55 beispielsweise ein Steuerfunktionsblock ist, empfängt der Streuungsangabengenerator 58 die Eingabe 56 (bei welcher es sich um den Prozeßwert handeln kann, der durch die den Kreis, in welchem der Steuerblock 55 arbeitet, geregelt wird) und vergleicht diese Eingabe mit einem zuvor dem Funktionsblock 55 zugeführten Sollwert. Der Streuungsangabengenerator 58 kann den Streuungsindex gemäß Gleichung (1) bestimmen und diesen Index zu einer Kommunikationseinrichtung 59 senden, die die Streuungsangabe in jeder Bewertungsperiode (alle N Abtastungen) zu der Steuereinrichtung 12 sendet. Wie vorstehend beschrieben kann jedoch der Streuungsangabengenerator 58 die Werte S_{tot} und S_{capab} in der vorstehend beschriebenen Weise bestimmen und diese Werte zu der Steuereinrichtung 12 oder der Bedienungsworkstation 13 senden, welche den VI- und/oder CI-Wert daraus bestimmen kann. Wenn der Funktionsblock 55 ein Funktionsblock ist, der innerhalb der Steuereinrichtung 12 ausgeführt wird, könnte die Steuereinrichtung 12 eine separate Routine enthalten, um die Streuungsangabe für jeden Funktionsblock zu bestimmen, so daß keine Bus-Kommunikation nach jedem Abtastintervall stattfinden müßte. Die Kommunikationseinrichtung 59 kann jede Standardkommunikationseinheit sein, die einem Funktionsblock oder einem Kommunikationsprotokoll zugehörig ist.

Ein zweiter Funktionsblockbetriebsparameter, der zur Bestimmung von Problemen innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 verwendet werden kann, ist eine Angabe des Modus, in welchem jeder der Funktionsblöcke (oder Kreise oder Einrichtungen) arbeitet. Im Fall von Fieldbus-Funktionsblöcken wie auch bei einigen anderen bekannten Funktionsblöcken hat jeder Funktionsblock einen Modusparameter, der für die Steuereinrichtung 12 verfügbar ist, um den Modus anzuzeigen, in welchem der Funktionsblock arbeitet. Aus dieser Modusangabe kann ein Datenanalysator innerhalb des Diagnose-Tools 52 einen Wert des Modusparameters bestimmen, um anzuzeigen, ob der Funktionsblock (und damit der Kreis, das Modul oder die Einrichtung) in ihrem gewünschten oder vorgesehenen Modus arbeiten oder ob alternativ etwas eingetreten ist, das den Funktionsblock (die Einrichtung oder den Kreis) veranlaßt hat, in einem unterschiedlichen, weniger bevorzugten Modus zu arbeiten. Fieldbus-Funktionsblöcke arbeiten in einem einer Vielzahl von Modi. Beispielsweise arbeiten AI-Funktionsblöcke in einem Außer-Dienst-Modus (in dem eine Bedienungsperson die Einrichtung außer Dienst gestellt haben kann, um die Wartung durchzuführen), einem manuellen Modus, in welchem ein bestimmtes Signal, wie z. B. eine Ausgabe des Funktionsblocks, manuell eingestellt wird, anstatt daß es auf dem vorgesehenen Betrieb des Funktionsblocks basiert, und einem Automatik-Modus, in welchem der Funktionsblock in normaler Weise arbeitet, das heißt in der Weise, für die er vorgesehen wurde. Fieldbus-Steuerblöcke können auch einen oder mehrere Kaskaden-Modi haben, in welchen der Modus durch andere Funktionsblöcke oder durch eine Bedienungsperson gesteuert wird. Typischerweise haben Fieldbus-Funktionsblöcke drei Modusvariable, die ihnen zu jedem gegebenen Zeitpunkt zugeordnet sind, darunter ein Sollwertmodus, welcher der Modus ist, in dem die Bedienungsperson den Block für den Betrieb eingestellt hat (der von dem normalen oder dem Automatik-Modus verschieden sein kann), einen tatsächlichen Modus, welcher der Modus ist, in dem der Steuerblock tatsächlich zu einem gegebenen Zeitpunkt arbeitet, und einen Normalmodus, welcher der Modus ist, in dem der Funktionsblock bestimmungsgemäß arbeitet und der dem Normalbetrieb des Funktionsblocks zugeordnet ist. Selbstverständlich können diese oder andere Modusangaben nach Wunsch verwendet werden.

Die Modusangabe kann an die Steuereinrichtung 12 und/oder die Bedienungsworkstation 13 periodisch abgegeben werden. Wenn der Funktionsblock innerhalb der Steuereinrichtung 12 ist, kann die Modusangabe für jeden Funktionsblock an die Datenerfassungseinheit 48 zu jedem gewünschten Zeitpunkt oder in jedem gewünschten Intervall abgegeben werden. Für Fieldbus-Funktionsblöcke oder andere Funktionsblöcke innerhalb der Anlageneinrichtungen kann die Steuereinrichtung 12 die Modusparameter für jeden Funktionsblock unter Verwendung einer ViewList Anforderung (in dem Fieldbus-Protokoll) periodisch anfordern. Nach Wunsch kann die Datenerfassungseinheit 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 den Modus in jeder Abtastperiode oder Bewertungsperiode speichern und die gespeicherten Daten an den Datenarchivspeicher 50 weitergeben. Anschließend kann das Diagnose-Tool 52 Moduswerte bestimmen, die anzeigen, wann oder wie lange der Funktionsblock in den verschiedenen Modi oder in einem Normalmodus (oder einem nicht normalen Modus) gewesen ist, oder die anzeigen, welcher Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode der Funktionsblock in einem Normalmodus (oder einem nicht normalen Modus) war. Alternativ könnte die Datenerfassungseinheit 48 oder eine andere speziell gestaltete Einheit innerhalb der Steuereinrichtung 12 feststellen, wann jeder Funktionsblock außerhalb seines Normalmodus ist (beispielsweise durch Vergleich des Normalmodus des Funktionsblocks mit seinem tatsächlichen Modus zu einem bestimmten Zeitpunkt). In diesem Fall könnte die Datenerfassungseinheit 48 den Modus jedes Funktionsblocks weitergeben, in dem angezeigt wird, wann Veränderungen des Modus stattgefunden haben oder erfaßt wurden, was die Menge der erforderlichen Kommunikation zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Bedienungsworkstation 13 reduziert.

Ein Statusparameter ist ein weiterer Betriebsparameter eines Funktionsblocks, der zum Erfassen von Problemen innerhalb der Prozeßregelungen und Kreise verwendet werden kann. Eine Statusangabe, die von jedem Funktionsblock abgegeben wird, kann den Status des Primärwertes (PV), der dem Funktionsblock oder der Einrichtung zugehörig ist, definieren oder identifizieren. Zusätzlich oder alternativ können eine oder mehrere der Eingaben und Ausgaben eines Funktionsblocks eine Statusangabe haben, die diesen zugehörig ist. Fieldbus-Funktionsblöcke haben einen Statusparameter, der diesen zugehörig ist, der die Form "gut", "schlecht" oder "unbestimmt" annehmen kann, um den Status des PV,

der Eingaben und/oder Ausgaben des Funktionsblocks anzuzeigen. Eine Statusangabe kann ferner eine Grenzwertangabe identifizieren oder enthalten, wie etwa die mit dem PV oder anderen Funktionsblockparametern verbundenen Grenzwerte. Somit kann beispielsweise die Grenzwertangabe anzeigen, ob der PV des Funktionsblocks einen hohen oder einen niedrigen Grenzwert hat. Auch hier kann das Diagnose-Tool 52 Statuswerte oder Grenzwerte bestimmen, die anzeigen, wann, wie lange oder welchen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode der Status des Funktionsblocks ein Normalstatus (oder ein nicht normaler Status) war und wann, wie lange oder für welchen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode eine Variable eines Funktionsblocks an einem oder mehreren Grenzwerten (oder nicht an dem einen oder mehreren Grenzwerten) war oder einen schlechten Status oder einen fraglichen Status hatte.

Ähnlich wie die Modusangabe können die Statusangabe und die Grenzwertangabe von jedem Funktionsblock zu der Steuereinrichtung 12 periodisch oder auf Abruf (unter Verwendung beispielsweise des ViewList-Befehls in dem Fieldbus-Protokoll) gesendet werden und Veränderungen darin können durch die Steuereinrichtung 12 festgestellt werden und an die Bedienungsworkstation 13 gesendet werden. Alternativ können die Status- und die Grenzwertangabe, ohne Verarbeitung zu werden, an die Bedienungsworkstation 13 gesendet werden. Auf Wunsch können die Funktionsblöcke so eingestellt werden, daß sie Modus-, Status- und/oder Grenzwertangaben nur dann mitteilen, wenn Veränderungen in diesen tatsächlich stattfinden, was das Ausmaß der Kommunikation zwischen der Steuereinrichtung 12 und den Funktionsblöcken innerhalb der Anlageneinrichtungen weiter reduziert. Wenn dieses Kommunikationsschema verwendet wird, ist es jedoch erforderlich, daß der gegenwärtige Status aller erforderlichen Parameter eine Basis bildet, mit der die Veränderungen verglichen werden, wenn das Diagnose-Tool 52 erstmals online gesetzt wird. Dieser aktuelle Status kann gemessen oder erfaßt werden, indem man die Steuereinrichtung 12 Parameterwerte (auch wenn sie sich nicht verändert haben) periodisch berichten läßt oder das Diagnose-Tool 52 die Steuereinrichtung 12 auffordern läßt, Parameter zu berichten, die für einen Ausnahmebericht bestimmt sind. Basierend auf dem Status jedes der Funktionsblöcke kann das Diagnose-Tool 52 rasch Messungen identifizieren, die schlecht sind und der Aufmerksamkeit (unsicherer Status) bedürfen, oder die fehlerhaft geeicht wurden, da sie einen Meßwert oder einen PV haben, der begrenzt ist. Selbstverständlich können die Status- und die Grenzwertangabe einen von verschiedenen Arten oder Anzahlen von Werten annehmen, in Abhängigkeit von der Art des Systems, in dem sie verwendet werden.

Ferner kann eine Statusangabe für jede verschiedene Variable (abgesehen vom PV) eines Funktionsblocks, einer Einrichtung oder eines Kreises verwendet werden. Beispielsweise kann in einem Regelkreis, der über Rückkopplungsregelung verfügt, der Status der Rückkopplungsvariablen verwendet werden, um Probleme innerhalb der Funktionsblöcke und Kreise zu erfassen. Der Status dieser Rückkopplungsvariablen (beispielsweise der Rückführungs- oder BackCal-Variablen für Steuer- oder Betätigungseinrichtungsfunktionsblöcke in dem Fieldbus-Protokoll) oder jeder anderen Variablen kann durch das Diagnose-Tool 52 untersucht werden, um festzustellen, wann ein Funktionsblock eine Ausgabe hat, die beispielsweise durch einen stromabwärts gelegenen Funktionsblock oder einen anderen stromabwärts gelegenen Zustand begrenzt ist. Ähnlich zu dieser Modusangabe kann die Steuereinrichtung 12 tatsächliche Statuswerte speichern und erfassen und Veränderungen der Statuswerte als die Statusangabe speichern.

Auch können andere Daten, die einem Prozeßsteuerfunktionsblock, einer Einrichtung oder einem Kreis zugehörig sind, zum Erfassen von Problemen verwendet werden. Beispielsweise kann die Bedienungsworkstation 13 (oder die Steuereinrichtung 12) Ereignis- und Alarmsignale empfangen, speichern und überprüfen, die von den Einrichtungen oder Funktionsblöcken innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 erzeugt wurden. Beispielsweise in der Fieldbus-Umgebung unterstützen Funktionsblöcke einen Blockfehlerparameter, der anormale Verarbeitungsbedingungen berichtet, die von einem Transducer oder einem Funktionsblock erfaßt wurden. Fieldbus-Einrichtungen geben jedes Problem, das von der Einrichtung oder dem Funktionsblock erfaßt wurde, unter Verwendung von einem aus 16 definierten Bits in einem Block-Fehlerbiestrom wieder, der zu der Steuereinrichtung 12 gesendet wird. Fieldbus-Einrichtungen berichten das erste erfaßte Problem an die Steuereinrichtung 12 als ein Ereignis- oder Alarmsignal und diese Ereignissignale oder Alarmsignale können von der Steuereinrichtung 12 zu einem Ereignisjournal der Bedienungsworkstation 13 weitergeleitet werden. In einer Ausführungsform analysiert oder überprüft das Diagnose-Tool 52 das sechste Bit des Blockfehlerparameters (in dem Fieldbus-Protokoll) um festzustellen, wann eine Einrichtung in näherer Zukunft gewartet werden muß und wann somit ein Zustand vorhanden ist, der behandelt werden muß, der jedoch gegenwärtig den Betrieb der Einrichtung nicht einschränkt. In ähnlicher Weise analysiert das Diagnose-Tool 52 das dreizehnte Bit der Blockfehlerparameter (in dem Fieldbus-Protokoll), um zu bestimmen, wann aufgrund eines durch die Einrichtung erfaßten Zustandes ein korrekter Betrieb der Einrichtung nicht möglich ist und somit eine unmittelbare Einflußnahme erforderlich ist. Selbstverständlich können andere Ereignissignale, Alarmsignale, andere Bits innerhalb der Blockfehlerparameter oder andere Arten von Fehlerangaben durch das Diagnose-Tool 52 verwendet werden, um Probleme zu erfassen, die mit dem Betrieb des Prozeßsteuernetzes 10 in Verbindung stehen, und diese anderen Ereignissignale, Alarmsignale, etc. können zu dem Fieldbus-Protokoll oder jedem anderen gewünschten Einrichtungs- oder Steuereinrichtungsprotokoll gehören.

In einigen Fällen können Funktionsblöcke Parameter haben, wie z. B. den Modus- oder den Statusparameter, die aus Gründen, die mit dem korrekten Betriebsablauf des Prozesses oder des Kreises, in dem diese Funktionsblöcke arbeiten, nicht in Beziehung stehen, anders eingestellt sind als normal oder gut. Beispielsweise können in Stapelprozessen, wenn ein Stapel nicht abläuft, die Modi der Funktionsblöcke, die innerhalb dieses Prozesses verwendet werden, auf nicht normale Werte gestellt werden. Es wäre jedoch nicht wünschenswert, diese nicht normalen Modusangaben (oder Statusangaben) zu erfassen und Probleme mit dem System auf der Basis derselben zu identifizieren, da der Stapelprozeß so ausgelegt ist, daß er Stillstandszeiten hat. Es ist daher bevorzugt, jeden Funktionsblock (oder das Modul oder den Kreis, in welchem er abläuft) mit einem Anwendungsstatusparameter zu versehen, der angibt, ob der Funktionsblock (oder das Modul) absichtlich in einem nicht normalen Modus ist oder einen schlechten Status hat. Mit anderen Worten gibt der Anwendungsstatusparameter an, wenn eine Alarmierung oder eine Problemerkennung für diesen Funktionsblock verhindert werden sollte. Für Funktionsblöcke, die in Stapelprozessen verwendet werden, wird der Anwendungsstatusparameter beispielsweise auf einen Wert gesetzt, um anzuzeigen, wenn die Funktionsblöcke zur Durchführung einer Stapelablaufanwendung arbeiten, und wird auf einen anderen Wert gesetzt, um anzuzeigen, wenn die Funktionsblöcke absichtlich nicht zur Ausführung einer normalen Funktion innerhalb einer Stapelablaufanwendung verwendet werden und so keine

Erfassung von Problemen auf den Betriebsabläufen dieser Funktionsblöcke zu diesen Zeitpunkten basieren sollte. In Fig. 3 ist dargestellt, wie ein derartiger Anwendungsstatusparameter über die Kommunikationseinrichtung 59 der Steuereinrichtung 12 mitgeteilt wird. Die Steuereinrichtung 12 und/oder die Bedienungsworkstation 13 können den Anwendungsstatusparameter für jeden Funktionsblock erfassen und Daten, (wie z. B. Streuungs-, Modus-, Status- und Grenzwertdaten) ignorieren, die Funktionsblöcken zugehörig sind, die zu der zweiten Kategorie gehören, das heißt die absichtlich auf nicht normale oder schlechte Zustände gesetzt sind, um Fehlalarme zu verhindern. Selbstverständlich gibt es abgesehen von den Stillstandszeiten, die Stapelprozessen zuzuordnen sind, andere Gründe, daß der Anwendungsstatusparameter gesetzt werden kann, um das Erfassen von Problemen zu verhindern.

Das Diagnose-Tool 52 ist vorzugsweise als Software in der Bedienungsworkstation 13 implementiert und, falls erforderlich, können einige Teile in der Steuereinrichtung 12 und auch dezentral in den Anlageneinrichtungen implementiert sein, wie z. B. in den Anlageneinrichtungen 19-22. Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm einer Softwareroutine 60, die in der Bedienungsworkstation 13 ausgeführt werden kann, um problembehaftete Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise oder andere Einheiten innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 zu erfassen und deren Korrektur zu unterstützen. Allgemein ausgedrückt erfaßt die Softwareroutine 60 Daten, die zu jedem der Funktionsblöcke innerhalb eines Prozesses gehören, wie etwa die Streuungsangaben, die Modusangaben, die Grenzwertangaben, Alarm- oder Ereignisinformationen, etc. auf kontinuierlicher Basis während der Prozeß abläuft, und erfaßt das Vorhandensein von problembehafteten Messungen, Berechnungen, Regelkreisen, etc. auf der Basis der erfaßten Daten. Die Softwareroutine 60 kann einen Bericht senden oder eine Anzeige schaffen, in der jedes erfaßte Problem und dessen wirtschaftliche Auswirkung auf den Anlagenbetriebsablauf gelistet ist, wenn sie dafür konfiguriert ist oder dazu aufgefordert wird. Wenn eine Angabe der erfaßten Problembereiche beispielsweise auf der Anzeige 14 der Bedienungsworkstation 13 betrachtet wird, kann eine Bedienungsperson ein bestimmtes Problem zur Überprüfung oder Korrektur auswählen. Die Softwareroutine 60 schlägt anschließend andere Diagnose-Tools vor und kann diese automatisch implementieren, um das Problem weiter einzugrenzen oder das Problem zu korrigieren. Auf diese Weise verarbeitet das Diagnose-Tool 52 Daten, die von den Funktionsblöcken oder Einrichtungen eines Prozeßsteuersystems erzeugt wurden, erkennt automatisch Probleme auf der Basis der Daten und schlägt anschließend weitere Diagnose-Tools zum weiteren Eingrenzen der Problemursache und zur Korrektur des Problems vor und führt diese aus. Dies erspart der Bedienungsperson Zeit und Mühe in großem Ausmaß beim Erfassen und Korrigieren von Problemen innerhalb eines Prozeßsteuersystems und hilft auch sicherzustellen, daß die geeigneten Diagnose-Tools (mit welchen die Bedienungsperson möglicherweise nicht völlig vertraut ist) zur Korrektur des Problems verwendet werden.

Ein Block 62 der Routine 60 empfängt und speichert die Streuungs-, Modus-, Status-, Grenzwert-, Alarm-, Ereignis- und weitere Daten, die zur Erfassung von Problemen in Einrichtungen, Blöcken und Kreisen des Prozeßsteuersystems 10 auf kontinuierlicher Basis, das heißt immer wenn der Prozeß abläuft, erfaßt werden und speichert diese. Vorzugsweise werden diese Daten in dem Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13 gespeichert. Alternativ könnten diese Daten jedoch in jedem anderen gewünschten Speicher gespeichert werden, wie z. B. in einem Speicher, der zu der Steuereinrichtung 12 gehört. Entsprechend können diese Daten in jedem Format zu der Bedienungsworkstation 13 gesendet werden und können falls erwünscht als komprimierte Daten gesendet werden.

Ein Block 63 erfaßt oder bestimmt, wann eine Analyse der Daten durchzuführen ist, beispielsweise weil ein periodischer Bericht zu erzeugen ist oder weil ein Benutzer eine derartige Analyse anfordert. Wenn keine Analyse auszuführen ist, führt der Block 62 einfach weiterhin die Erfassung von Daten durch und kann die Daten verarbeiten, um Werte für die Funktionsblockbetriebsparameter zu bestimmen. Wenn eine Analyse auszuführen ist, analysiert ein Block 64 die gespeicherten Daten oder gespeicherten Parameterwerte, um zu bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Probleme haben können. Allgemein ausgedrückt können die Daten auf der Basis der aktuellen oder momentanen Werte der Funktionsblockparameter analysiert werden oder können auf historischer Basis analysiert werden, um zu bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise über eine bestimmte Zeitperiode Probleme haben. Die historische Analyse hilft, basierend auf der Leistung über eine bestimmte Zeitperiode Probleme zu erfassen, die eine Langzeinnatur haben. Um ein Problem zu erfassen, kann der Block 64, sofern erforderlich, einen Streuungsindex aus den Streuungsangaben berechnen, die von den Funktionsblöcken geliefert werden, und anschließend den Streuungsindex mit einem bestimmten Bereich oder Grenzwert (der von der Bedienungsperson eingestellt werden kann) vergleichen, um festzustellen, ob entweder der momentane Wert oder eine statistische Messung des historischen Wertes (wie z. B. der Durchschnitts- oder der Medianwert) des Streuungsindex außerhalb des Bereichs oder über oder unter dem festgelegten Grenzwert für einen Funktionsblock liegen. Wenn dies der Fall ist, kann ein Problem vorliegen und der Funktionsblock, die Einrichtung oder der Kreis, der zu dem außerhalb des Bereichs liegenden Streuungsindex gehört, wird als ein zu korrigierendes Problem aufweisend gelistet.

Entsprechend kann der Block 64 den tatsächlichen Modus eines Funktionsblocks oder einer Einrichtung mit dem normalen Modus dieses Funktionsblocks oder dieser Einrichtung vergleichen, um festzustellen, ob eine Übereinstimmung vorliegt. Wie vorstehend angegeben kann die Steuereinrichtung 12 diese Funktion ausführen und Angaben des Resultates oder über fehlende Übereinstimmungen an den Datenarchivspeicher 50 senden. Auf Wunsch kann jedoch die Bedienungsworkstation 13 diese Vergleiche direkt durchführen. Unter Verwendung der historischen Daten kann der Block 64 eine Kreisnutzung bestimmen, das heißt den Prozentsatz derzeit, den der Kreis (oder der Funktionsblock) in dem vorgesehenen (normalen) Modus arbeitet. Bei der momentanen Analyse kann der Funktionsblock, der Kreis oder die Einrichtung als ein Problem aufweisend betrachtet werden, wenn er oder sie gegenwärtig nicht in dem vorgesehenen oder normalen Modus arbeitet.

In ähnlicher Weise kann der Block 64 die Status- und Grenzwertangabe jedes Funktionsblocks analysieren, um zu bestimmen, wann der Status schlecht oder ungewiß ist oder in anderer Weise nicht ein vorgesehener oder normaler Status vorliegt oder wann das Funktionsblocksignal an einem Grenzwert liegt. Eine historische Analyse kann berechnen oder bestimmen, wenn ein spezieller Funktionsblock eine Statusangabe hat, die für einen vorbestimmten Prozentsatz einer festgelegten Zeitdauer ungewiß oder schlecht ist, kann bestimmen, welche PVs oder anderen Variablen einen Grenzwert erreicht haben oder für einen vorbestimmten Prozentsatz einer festgelegten Zeitdauer an einem Grenzwert verweilt sind.

oder kann die Statusangabe oder die Grenzwertangabe in jeder anderen Weise analysieren, um zu bestimmen, ob innerhalb des Funktionsblocks oder der Einrichtung oder des Kreises, in dem ein Funktionsblock angeordnet ist, ein Problem vorhanden ist. Entsprechend kann der Block 64 in einer momentanen Bewertung bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Statuswerte haben, die gegenwärtig nicht in dem vorgesehenen oder normalen Status sind und/oder welche Signale oder Variablen einen Grenzwert (das heißt einen begrenzten Wert) erreicht haben. Der Block 64 kann die Alarm- und Ereignismitteilungen überprüfen, um festzustellen, ob irgendwelche Einrichtungen Wartung benötigen, sei es gegenwärtig oder in der Zukunft. Die Blöcke, welche den Streuungs- oder Steuerindexgrenzwert überschreiten, und die Blöcke, die einen aktiven schlechten, beschränkten oder Modus-Zustand haben, werden identifiziert und vorübergehend gespeichert. Diese zusammenfassende Information kann die Schaffung einer "aktuellen" zusammenfassenden Anzeige unterstützen. Die momentanen Werte und Zustände können durch das Diagnose-Tool 52 beispielsweise auf der Basis einer Stunde, einer Schicht oder auf einer täglichen Basis integriert werden, um den Durchschnittswert des Streuungsindex und den Prozentsatz der Verbesserung und den Prozentsatz der Zeit, in dem der Zustand eines schlechten Status, eines begrenzten Signals oder eines nicht normalen Modus vorlag, zu erhalten. Selbstverständlich kann der Block 64 andere Arten von Verarbeitungen an den Streuungs-, Modus-, Status-, Grenzwert-, Ereignis-, Alarm- und/oder allen anderen gewünschten Daten durchführen, um Probleme zu erfassen. Ferner kann der Block 64 die Analyse unter Verwendung von unterschiedlichen Grenzwerten, Bereichen, historischen Zeiträumen, etc. ablaufen lassen, welche alle durch einen Benutzer oder eine Bedienungsperson eingestellt werden können.

Bei Funktionsblöcken, die beispielsweise in Stapelmodusprozessen verwendet werden, werden Daten, die Zeiträumen zugehörig sind, in denen ein Funktionsblock absichtlich nicht in Betrieb war, basierend auf dem Anwendungsstatusparameter für den Funktionsblock entfernt oder für die Analyse nicht verwendet.

Nachdem der Block 64 die Probleme innerhalb des Prozeßsteuernetzes erfaßt hat, bestimmt ein Block 66, ob schriftliche oder elektronische Berichte erzeugt werden sollen, weil beispielsweise periodische Berichte von einem Benutzer angefordert wurden. Wenn dies der Fall ist, schafft ein Block 68 einen Bericht, in dem die problembehafteten Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise, etc. und deren ökonomische Auswirkung auf das Prozeßsteuersystem aufgelistet sind. Eine derartige ökonomische Auswirkung kann bestimmt werden, indem eine Bedienungsperson oder, ein anderer Benutzer den Dollarbetrag festlegt, der jedem Prozentpunkt des reduzierten Betriebsablaufes des Prozesses oder eines Kreises in dem Prozeß zugehörig ist. Wenn anschließend ein Regelkreis als problembehaftet erkannt wird, kann die tatsächliche Leistung des Prozeßregelkreises mit einem bekannten optimalen Leistungswert verglichen werden, um den Prozentsatzunterschied zu bestimmen. Dieser Prozentsatzunterschied wird anschließend mit dem festgelegten Verhältnis des Dollarbetrages zu einem Prozentpunkt multipliziert, um die ökonomische Auswirkung in Dollarbeträgen auszudrücken. Der Bericht kann in einer Druckeinrichtung ausgedruckt werden, auf einem Computerbildschirm, wie z. B. der Anzeigebildschirm 14 oder einer anderen elektronischen Anzeige dargestellt werden, per E-mail, das Internet oder ein anderes Local Area oder Wide Area Network einem Benutzer zugesandt werden oder in jeder anderen gewünschten Weise einem Benutzer zugestellt werden. Auf Wunsch kann das Diagnose-Tool 52 so konfiguriert sein, daß es ein Anlagenwartungssystem jedesmal dann automatisch benachrichtigt, wenn ein problembehafteter Regelkreis erfaßt wird, und diese Nachricht kann an das Wartungssystem als ein Ereignissignal unter Verwendung der Ereignis/Alarmfähigkeit der bekannten OPC-Schnittstelle gesendet werden.

Ein Block 70 bestimmt, ob eine Bedienungsperson die Durchführung einer Analyse an der Bedienungsworkstation 13 angefordert hat, und wenn dies der Fall ist, tritt ein Block 72 in eine Anzeige- oder Dialogroutine ein, die einen Benutzer in die Lage versetzt, unterschiedliche Informationen bezüglich des Problems herauszufinden oder unterschiedliche Parameter zur Durchführung der Analyse auszuwählen. In einer Ausführungsform trifft eine Bedienungsperson oder eine andere Person, die das Diagnose-Tool 52 verwendet, auf einen Dialog, wenn er oder sie sich in die Bedienungsworkstation 13 einloggt. Der Dialog faßt die Bedingungen zusammen, die in dem System angesprochen werden müssen, ohne die Regelkreise zu identifizieren, die die Quelle des Problems darstellen. Der Dialog kann die Information in grafischem Format vermitteln, wie beispielsweise eine Bildschirmanzeige 80, wie in Fig. 5 gezeigt. Die Bildschirmanzeige 80 faßt den Prozentsatz aller Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerfunktionsblöcke in dem Prozeß oder der Anlagen zusammen, welche gegenwärtig die Standardgrenzwerte verletzen, die für die Nutzung (Modus), Grenzwertsignale, den schlechten Status oder hohe Streuung eingestellt sind. Da eine Vielzahl von Bedingungen in einem einzelnen Block vorliegen können, könnten diese möglicherweise 100% übersteigen. Wenn der Gesamtbetrag 100% übersteigt, kann der Prozentsatz für jede Kategorie skaliert werden, so daß die Gesamtsumme 100% ist. Module, die Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerblöcke haben, welche die voreingestellten Grenzwerte verletzen, sind in einer tabellarischen Liste (Zusammenfassungsliste) 82 zusammengefaßt. In Fig. 5 hat das Modul FIC101 einen oder mehrere Funktionsblöcke, die in nicht ordnungsgemäßen Modi arbeiten, und einen oder mehrere Funktionsblöcke mit einer hohen Streuung, während das Modul LIC345 einen oder mehrere Funktionsblöcke mit einem schlechten Status aufweist.

Mehr Informationen über die Natur des Problems, wie z. B. die mit den Funktionsblöcken verbundenen Grenzwerte, können grafisch dargestellt werden, indem beispielsweise ein Modulname in der Zusammenfassungsliste 82 angeklickt wird. Ferner kann durch Auswählen eines Filterschalters 84 auf dem Bildschirm in Fig. 5 der Benutzer einen Dialog vorfinden, der es dem Benutzer erlaubt, einen Zusammenfassungszeitrahmen, die Arten von Blöcken, die in die Zusammenfassung einzuschließen sind, und den Grenzwert für jede Kategorie oder jeden Block auszuwählen. Ein derartiger Dialogbildschirm 86 ist in Fig. 6 gezeigt, in dem die Grenzwerte für den Modus, den eingeschränkten und den schlechten Status von Eingabeblöcken auf 99 Prozent Nutzung eingestellt sind und in dem der Grenzwert für den Streuungsindex für Eingabeblöcke auf 1.3 eingestellt ist. In diesem Fall wird der Prozentsatz der Nutzung eines Blockes als der Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, in welchem der Modus oder der Status normal ist und ein Funktionsblocksignal nicht beschränkt war. Die Grenzwerte könnten jedoch auch als Prozentsatz der Zeit eingestellt werden, in der der Modus oder der Status nicht normal war oder eine Funktionsblockvariable an einem Grenzwert war, in welchem Fall die Grenzwerte näher an Null eingestellt werden sollten. Selbstverständlich werden durch Auswählen aller Regelkreiswahlmöglichkeiten im Dialogbildschirm 86 alle Module, die einen Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerblock enthalten, in der Zusammenfassung eingeschlossen.

Ein Zeitrahmenfeld **88** des Dialogbildschirms **86** kann durch Veränderung der Einstellung darin manipuliert werden, um den historischen Zeitrahmen zu ändern, für welchen die Analyse ausgeführt wird. Beispielsweise kann durch Auswählen einer Wahlmöglichkeit "jetzt" in dem Zeitrahmenfeld **88** der momentane oder gegenwärtige Wert der Blockparameter verwendet werden, um zu bestimmen, ob eines der Module als ein problembehaftetes Modul in der Zusammenfassungsliste **82** dargestellt wird. Während jeder Zeitrahmen festgelegt werden kann, sind einige Beispiele für Zeitrahmen, die als Filtereinstellung verwendet werden können, die laufende Stunde oder die vorangegangene Stunde, die gegenwärtige Schicht oder die vorhergehende Schicht, der gegenwärtige Tag oder der vergangene Tag, etc. Für diese Zeitrahmen ist ein Modul in der Zusammenfassungsliste nur dann enthalten, wenn ein erfaßter Zustand über einen signifikanten Abschnitt (das heißt einen vorbestimmten Abschnitt) des ausgewählten Zeitrahmens gemäß der Definition durch die Grenzwertbedingung vorliegt.

Auf Wunsch kann der Benutzer die Grenzwerte, die für den Streuungsindex verwendet werden, entweder je Block oder auf einer allgemeinen Basis verändern. Um das Einstellen von Streuungsgrenzwerten zu erleichtern, kann der Benutzer den gewünschten Grenzwert, der verändert werden soll, auswählen, und anschließend hat er die Wahl, entweder diesen Grenzwert für einen bestimmten Block zu editieren oder diesen Grenzwert für alle Blöcke gleichzeitig einzustellen. Wenn der Benutzer den Streuungsgrenzwert für alle Blöcke zusammen einstellen möchte, wird dem Benutzer ein Dialogfeld vorgelegt, das die Einstellung des Streuungsgrenzwertes auf den gegenwärtigen Wert einer Streuung plus einem festgelegten Systemfehlerwert, der von dem Benutzer vorgesehen wird, einzustellen.

Selbstverständlich können die Grenzwerte für die Streuungs-, Modus-, Status- und begrenzten Variablen auf alle Funktionsblöcke innerhalb eines Moduls, eines Bereichs, eines Systems oder jeder anderen logischen Einheit angewandt werden und können alle in ähnlicher Weise geändert werden. Standardgrenzwerte können anfänglich für eine Konfiguration als 1.3 für den Streuungsindex und 99% Nutzung für die Modus-, Begrenzungs- und Statusangabe vorgesehen werden. Selbstverständlich können diese Standardwerte in der Modulzusammenfassungsangabe wie vorstehend beschrieben geändert werden.

Durch Auswählen eines Modulnamens innerhalb der Zusammenfassungsliste **82** von Fig. 5 kann dem Benutzer ein Dialogbildschirm vorgelegt werden, der weitere auf dieses Modul bezogene Details enthält. Ein derartiger Dialogbildschirm **90** ist in Fig. 7 für das Modul FIC101 unter Verwendung des Zeitrahmens der letzten Schicht dargestellt. Der Dialogbildschirm **90** zeigt die Leistung eines PID1-Blockes und eines AI1-Blockes innerhalb des FIC101-Moduls. Die in dem Dialogbildschirm **90** vorgesehene Information erlaubt es dem Benutzer, ohne weiteres den bestimmten Meß-, Betätigungs- oder Steuerblock zu identifizieren, der die Ursache dafür war, daß das Modul in der Zusammenfassung enthalten ist, sowie den Prozentsatz der Zeit, während dem der Zustand erfaßt wurde. Im einzelnen ist der Prozentsatz der Zeit der letzten Schicht, während dem ein Block in seinem normalen Modus, normalen Status und nicht eingeschränkt war, in Fig. 7 als Regelkreisnutzung dargestellt. Selbstverständlich könnte der Bildschirm von Fig. 7 so konfiguriert werden, daß er den Prozentsatz der Zeit während der letzten Schicht darstellt, während dem ein Block in einem nicht normalen Modus war oder einen nicht normalen Status hatte, oder den Prozentsatz der Zeit während der letzten Schicht, in dem eine Funktionsblockvariable eine oder mehrere Grenzwerte erreichte. Eine Messung der Variation wird für die in Fig. 7 dargestellten Blöcke zusammen mit den Grenzwerten dafür dargestellt. Die Streuungsmessung ist in diesem Fall so berechnet, daß ein Wert von eins der beste Fall ist und Werte größer als eins einen zunehmenden Streuungsfehler anzeigen. Die Verwendung der CI- und VI-Berechnung nach Gleichungen (2) und (3) für den Streuungsindex verursacht jedoch, daß der Streuungsindex zwischen Null und eins liegt, wobei Null der beste Fall ist. In diesem Fall sollte der Streuungsgrenzwert zwischen Null und eins eingestellt werden. Ferner ist in Fig. 7 der Prozentsatz der Verbesserung (PI), der in einem Regelkreis möglich ist, für Steuerblöcke dargestellt, nämlich dem PID1-Block. Auf Wunsch kann der Prozentsatz der Nutzungswerte, die unter (oder über) die jeweiligen Grenzwerte fallen, markiert oder anderweitig gekennzeichnet werden, um das oder die erfaßten Probleme anzuzeigen.

Selbstverständlich kann jede andere Bildschirmanzeige verwendet werden, um zusammenzufassen, welche Kreise, Einrichtungen, Funktionsblöcke oder Messungen einen hohen Streuungsindex haben (beispielsweise größer als ein vom Benutzer festgelegter Grenzwert sind), in einem nicht normalen Modus arbeiten oder Prozeßmessungen haben, die einen schlechten oder ungewissen Status haben oder die beschränkt sind. Wie vorstehend angemerkt kann unter Verwendung einer historischen Analyse das Diagnose-Tool **52** Anzeigen für einen bestimmten Zeitrahmen erzeugen, um Einrichtungen, Kreise oder Funktionsblöcke zu identifizieren, die eine Streuungsindex-, Modus-, Status- oder Grenzwertvariable haben, die sich gegenüber ihrem normalen Wert beträchtlich geändert hat. Selbstverständlich kann das Diagnose-Tool **52** einen Benutzer in die Lage versetzen, zu wählen, wie viele und welche Tests verwendet werden sollten (und negativ verlaufen müssen), bevor ein Prozeßsteuerzustand als problembehaftet identifiziert wird.

Wie Fig. 4 zeigt, erfaßt dann, wenn ein Benutzer einen der Funktionsblöcke beispielsweise in den Dialogbildschirm **90** von Fig. 7 auswählt, ein Block **93** die Auswahl des problembehafteten Funktionsblocks und ein Block **94** zeigt einen Satz von Optionen an, die zur Korrektur des Problemblocks oder des Problemkreises zu verwenden sind. Beispielsweise kann bei Steuerblöcken das Diagnose-Tool **52** es dem Benutzer ermöglichen, eine automatische Abstimmereinrichtung oder eine andere Abstimmereinrichtung zu verwenden, um einen Regelkreis abzustimmen, oder kann es dem Benutzer ermöglichen, eine Trendanalyse an dem Regelkreis auszuführen. Durch Auswählen der Option der automatischen Abstimmereinrichtung findet das Diagnose-Tool **52** automatisch die automatische Abstimmmanwendung für den ausgewählten Steuerblock oder Kreis und führt diese aus. Wenn jedoch die Trendoption ausgewählt wird, beginnt die Bedienungsworkstation **13**, Trenddaten zu erfassen, wie nachfolgend beschrieben wird.

Für einen Eingabe- oder Ausgabefunktionsblock kann der Block **94** es dem Benutzer ermöglichen, beispielsweise ein weiteres Diagnose-Tool für diesen Block zu verwenden oder eine Trendanalyse durchzuführen. Wenn beispielsweise der ausgewählte Eingabe- oder Ausgabeblock innerhalb einer Fieldbus- oder Hart-Einrichtung liegt, aktiviert das Auswählen der Diagnose-Option die Diagnose-Anwendung für den zugehörigen Transducer-Block unter Verwendung von Tools, die nach dem Stand der Technik bekannt sind, wie beispielsweise beliebige Tools zur Eichung von Einrichtungen. In einer DeltaV-Umgebung kann das Asset Management Solutions (AMS) Diagnose-Tool, das von Fisher-Rosemount hergestellt und vertrieben wird, für diesen Zweck verwendet werden, um mit einer Einrichtung in Kommunikation zu treten und

spezifische Informationen über diese zu erhalten und eine der Einrichtung zugehörige Diagnose zu implementieren. Selbstverständlich können andere Tools oder Empfehlungen ebenfalls eingesetzt oder vorgeschlagen werden. Beispielsweise kann der Block 94 für Geberprobleme oder Funktionsblöcke, die Gebern zugeordnet sind, empfehlen, daß eine Einrichtungseichung verwendet wird, um den Geber zu eichen, während für ein Ventil eine beliebige Ventildiagnoseroutine verwendet werden kann, um das spezielle Problem in dem Ventil zu erfassen und möglicherweise zu korrigieren. Allgemein ausgedrückt können die von dem Block 94 vorgenommenen Problemerkategorien fällt, basierend auf der Art oder Identität ob das Problem in eine einer Vielzahl von vorbestimmten Problemerkategorien fällt, basierend auf der Art oder Identität der Problemquelle (z. B. ob es in einem Steuer- oder Eingabefunktionsblock, einem Geber oder einem Ventil auftrat, etc.) oder auf jedem anderen gewünschten Kriterium. Selbstverständlich können beliebige gewünschte Diagnose-Tools verwendet werden, einschließlich den gegenwärtig bekannten oder zukünftig entwickelten.

Wenn die spezielle Natur des Problems nicht ohne weiteres aus den Steuerungs-, Status-, Modus-, Grenzwert- oder anderen Daten erfaßt werden kann, die auf das Vorhandensein eines Problem hinweisen, kann der Block 94 die Verwendung von weiteren, komplexeren Diagnose-Tools empfehlen, wie z. B. Plotroutinen, Korrelationsroutinen (wie etwa Autokorrelation und Crosskorrelation), Spektrumanalyseroutinen, Expertenanalyseroutinen oder beliebige andere gewünschte Routinen oder Tools, die für das Prozeßsteuersystem 10 vorgesehen sind. Selbstverständlich kann das Diagnose-Tool 52 die Verwendung von mehr als einem Tool empfehlen oder vorschlagen und der Bedienungsperson erlauben, auszuwählen, welches Tool in einer Situation verwendet werden sollte. Ferner kann der Block 94 seine Vorschläge auf Tools einschränken, die tatsächlich innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 vorhanden sind, beispielsweise diejenigen, die in der Bedienungsworkstation 13 geladen sind, oder kann Tools vorschlagen, die vor der Verwendung erworben oder in das Prozeßsteuersystem 10 geladen werden müssen. Selbstverständlich kann der Block 94 ferner die Verwendung von manuellen Tools vorschlagen, das heißt solche, die nicht auf der Bedienungsworkstation 13, der Steuereinrichtung 12 oder einer der Einrichtungen 15-28 ablaufen.

Nachdem der Block 94 ein oder mehrere weitere Diagnose-Tools empfiehlt, wartet ein Block 96 darauf, daß ein Benutzer ein Tool zur Implementierung auswählt und bei Erhalt eines derartigen Befehls von der Bedienungsperson findet ein Block 98 das ausgewählte Tool und führt dieses aus, um die Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, die Ursache des Problems weiter zu analysieren und einzugrenzen oder das Problem zu beheben. Nach der Implementierung des Diagnose-Tools setzt ein Block 100 die Bedienungsperson in die Lage, ein unterschiedliches Tool für das ausgewählte Problem zu wählen, und ein Block 102 setzt die Bedienungsperson in die Lage, ein anderes Problem auszuwählen.

In einer Ausführungsform kann der Block 94 Analyse-Tools empfehlen, die typischerweise als Trenderkennungsanwendungen bezeichnet werden, welche das Erfassen einer relativ großen Menge und/oder einer Vielzahl von Datenabtastrungen erfordern, bevor sie ablaufen können. Beispiele derartiger Trenderkennungsanwendungen schließen eine Korrelationsanalyse, ein Neuronennetz, einen Fuzzy-Logic-Regelablauf, einen adaptiven Abstimmvorgang, eine Spektrumanalyseroutine etc. ein. Unglücklicherweise sind dann, wenn das Diagnose-Tool 52 ein Problem erfaßt, die für das Trenderkennungs-Tool erforderlichen Daten typischerweise nicht verfügbar, da diese Daten nicht vorab erfaßt wurden. Diese Daten müssen möglicherweise mit einer Hochfrequenzdatenrate erfaßt werden, die unter Verwendung von einfachen Kommunikationsabläufen zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Bedienungsworkstation 13 in der Praxis nicht erreichbar ist. Als Resultat kann dann, wenn die Bedienungsperson ein Tool auswählt, das die Erfassung dieser Daten (schnelle Daten) erfordert, der Block 98 automatisch die Steuereinrichtung 12 so konfigurieren, daß sie die erforderlichen Daten aus dem Prozeßsteuersystem 10 erfaßt.

Wenn diese Daten von Feldbus-Funktionsblöcken oder Einrichtungen erfaßt werden müssen, das heißt von Einrichtungen über den Feldbus-Bus, kann die Steuereinrichtung 12 eines oder mehrere Feldbus-Trendobjekte verwenden, um die Daten zu erfassen, kann die erfaßten Daten als Datenpakete bündeln und speichern, und kann anschließend diese Datenpakete zu einer gewünschten Zeit zu der Bedienungsworkstation 13 senden, so daß die schnellen Daten in nicht zeitkritischer Weise zu der Bedienungsworkstation 13 geliefert werden. Dieser Betriebsablauf reduziert die Kommunikationsbelastung zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Bedienungsworkstation 13 für die Erfassung dieser Daten. Typischerweise wird ein Trendobjekt eingerichtet, um eine vorbestimmte Anzahl von Abtastungen (z. B. 16) von gewünschten Daten, die zu einem Funktionsblock gehören, zu erfassen, und wenn die vorbestimmte Anzahl von Abtastungen erfaßt wurde, werden diese Abtastungen der Steuereinrichtung 12 unter Verwendung von asynchroner Kommunikation übermittelt. Die Verwendung eines oder mehrerer Trendobjekte 110 für die Feldbus-Funktionsblöcke ist in Fig. 8 dargestellt. Das bzw. die Trendobjekte 110 werden verwendet, um gewünschte Daten zu erfassen und zu der Datenerfassungseinheit 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 zu senden und haben ihren Ursprung innerhalb der eigentlichen Funktionsblöcke innerhalb der Feldbus-Einrichtungen. Diese Trendobjekte 110 können von der Feldbus-Einrichtung oder von den Schattenfunktionsblöcken (die allgemein als Schattenfunktionsblöcke 12S in Fig. 8 dargestellt sind) innerhalb der Steuereinrichtung 12 zur Verfügung gestellt werden. In ähnlicher Weise können für Funktionsblöcke, die innerhalb der Steuereinrichtung 12 angeordnet sind und von dieser ausgeführt werden (allgemein als Funktionsblöcke 113 in Fig. 8 dargestellt) virtuelle Trendobjekte 114 innerhalb der Steuereinrichtung 112 eingerichtet werden, um die gewünschten Daten zu erfassen, die von den 4-20 mA-Einrichtungen (oder anderen Einrichtungen) abgegeben werden. Abtastungen für derartige virtuelle Trendobjekte 114 können mit jeder gewünschten Rate erfaßt werden, wie beispielsweise alle 50 Millisekunden. Die virtuellen Trendobjekte 114 können so konfiguriert sein, daß sie den tatsächlichen Trendobjekten des Feldbus-Protokolls ähnlich sind, und werden an die Datenerfassungseinheit 48 weitergegeben. Die Datenerfassungseinrichtung 48 gibt die erfaßten Daten an den Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13 weiter, wie vorstehend angeführt.

Die Trendobjekte 110 und 114 werden erfaßt, bis ausreichend Daten gespeichert wurden, um den Ablauf des gewünschten Diagnose-Tools zu ermöglichen. Nachdem genügend schnelle Daten erfaßt wurden, führt der Block 98 in Fig. 4 das weitere Diagnose-Tool aus oder implementiert es anderweitig unter Verwendung der erfaßten Daten, um so eine Verarbeitungs- und Regelkreisanalyse auf hohem Level durchzuführen.

Während das Diagnose-Tool 52 so beschrieben wurde, daß es in Verbindung mit Feldbus- und Standard 4-20 mA-Einrichtungen verwendet wird, kann es unter Verwendung jedes anderen externen Prozeßsteuerkommunikationsproto-

kolls implementiert werden und kann mit jedem anderen Typ von Funktionsblöcken oder Einrichtungen, welche Funktionsblöcke aufweisen, verwendet werden. Darüber hinaus sei angemerkt, das die Verwendung des Ausdrucks "Funktionsblock" hierin nicht auf das beschränkt ist, was in dem Fieldbus-Protokoll oder dem DeltaV-Controller-Protokoll als ein Funktionsblock identifiziert ist, sondern ebenso jeden anderen Typ von Block, Programm, Hardware, Firmware, etc. einschließt, der zu einem beliebigen Typ von Steuersystem und/oder Kommunikationsprotokoll gehört, das verwendet werden kann, um eine bestimmte Prozeßsteuerfunktion zu implementieren. Während Funktionsblöcke typischerweise die Form von Objekten innerhalb einer objektorientierten Programmierungsumgebung annehmen, muß dies nicht unbedingt der Fall sein.

Ogleich das Diagnose-Tool 52, das hierin beschrieben wurde, vorzugsweise als Software implementiert wird, kann es in Form von Hardware, Firmware, etc. implementiert werden und durch jeden anderen Prozessor implementiert werden, der dem Prozeßsteuersystem 10 zugehörig ist. Somit kann die Routine 60, die hierin beschrieben wurde, in einer Standard-Mehrzweck-CPU implementiert werden oder auf einer speziell gestalteten Hardware oder Firmware, falls dies erwünscht ist.

Bei der Implementierung in Software kann die Software routine in jedem computerlesbaren Speicher, wie z. B. auf einer Magnetplatte, einer Laserplatte oder einem anderen Speichermedium, in einem RAM oder ROM eines Computers oder Prozessors oder dergleichen gespeichert werden. Entsprechend kann diese Software zu einem Benutzer oder einem Prozeßsteuersystem über jedes bekannte oder gewünschte Versandverfahren geliefert werden, darunter beispielsweise auf einer computerlesbaren Platte oder einem anderen transportablen Computerspeichermechanismus oder über einen Kommunikationskanal, wie z. B. eine Telefonleitung, das Internet, etc. (welche als gleich bzw. austauschbar mit dem Abgeben einer derartigen Software über ein transportables Speichermedium betrachtet werden).

Patentansprüche

1. Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem, das eine Vielzahl von Funktionsblöcken hat, welches Diagnose-Tool enthält:

eine Datenerfassungseinheit (48), die so konfiguriert ist, daß sie mit jedem der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) kommuniziert, um auf regelmäßiger Basis während des Betriebs des Prozeßsteuersystems (10) Daten zu erhalten, die einen Funktionsblockbetriebsparameter für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) betreffen;

eine Datenanalyseeinrichtung, die einen Wert für den Funktionsblockbetriebsparameter jeweils für eine Vielzahl von Zeitpunkten während des Betriebes des Prozeßsteuersystems (10) auf der Basis der empfangenen Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt;

eine Erfassungseinrichtung, die ein Problem innerhalb des Prozeßsteuersystems (10) basierend auf den bestimmten Werten der Funktionsblockbetriebsparameter erfaßt; und

eine Ausgabegeneratoreinrichtung, die einen Bericht erstellt, der das erfaßte Problem bezeichnet.

2. Diagnose-Tool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Streuungsparameter ist und daß die Datenanalyseeinrichtung einen Streuungswert, der zu einem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zu jedem der Vielzahl von Zeitpunkten gehört, basierend auf den erfaßten Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt.

3. Diagnose-Tool nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung den Streuungswert mit einem Streuungsgrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen.

4. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Streuungswert einen integralen Quadratwert eines Fehlers zwischen einem ersten Funktionsblockparameter und einem zweiten Funktionsblockparameter anzeigt.

5. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Funktionsblockparameter ein statistischer Wert eines Prozeßsteuerparameters ist und der zweite Funktionsblockparameter ein momentaner Wert des Prozeßsteuerparameters ist.

6. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der eine der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zu einer Eingabeeinrichtung gehört, die einen Prozeßparameter mißt, wobei der Streuungswert für diesen einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) eine Angabe eines Fehlers zwischen einem statistischen Wert des gemessenen Prozeßparameters und einem momentanen Wert des gemessenen Prozeßparameters enthält.

7. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der eine der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) ein Prozeßparametersignal und einen Sollwert verwendet, um ein Steuersignal zu erzeugen, wobei der Streuungswert für den einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) eine Angabe eines Fehlers zwischen dem Prozeßparameter und dem Sollwert enthält.

8. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die von jedem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) empfangen werden, eine erste Streuungsangabe enthalten, die einen mittleren absoluten Fehler eines Funktionsblockparameters angibt, und eine zweite Streuungsangabe, die einen Bewegungsbereichdurchschnitt des Funktionsblockparameters angibt.

9. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die von jedem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) empfangen werden, eine erste Streuungsangabe enthalten, die eine tatsächliche Gesamtstandardabweichung eines Funktionsblockparameters angibt, und eine zweite Streuungsangabe, die eine Fähigkeitsstandardabweichung angibt, die dem Funktionsblockparameter zugehörig ist.

10. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung die erste Streuungsangabe mit der zweiten Streuungsangabe kombiniert, um den Streuungswert zu erzeugen.

11. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung

- einen Empfindlichkeitswert zu der ersten und der zweiten Streuungsangabe addiert, um den Streuungswert zu erzeugen.
12. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsblockbetriebsparameterdaten den Streuungswert enthalten.
13. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist und die Datenerfassungseinheit (48) eine Modusangabe für jeden der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) empfängt. 5
14. Diagnose-Tool nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Moduswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) bestimmt, der angibt, ob der eine der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) in einem normalen Modus ist, in welchem der eine der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) bestimmungsgemäß während des Normalbetriebes arbeitet. 10
15. Diagnose-Tool nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Moduswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, während dem der Modus des einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) ein nicht normaler Modus war, der einem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig ist. 15
16. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung den Moduswert für den einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) mit einem Modusgrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen.
17. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Statusparameter ist und die Datenerfassungseinheit (48) Statusangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) empfängt. 20
18. Diagnose-Tool nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Statuswert aus den Statusangaben bestimmt, der angibt, ob ein Status, der einem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig ist, ein normaler Status ist, der zu dem normalen Betrieb des einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) gehört. 25
19. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Statuswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, in dem der Status des einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) ein nicht normaler Status war, der dem einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig ist.
20. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung den Statuswert für den einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) mit einem Statusgrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen. 30
21. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Grenzwertparameter ist und die Datenerfassungseinheit (48) Grenzwertangaben erfaßt, die einer Funktionsblockvariablen zugehörig sind. 35
22. Diagnose-Tool nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Grenzwert aus den Grenzwertangaben bestimmt, der angibt, wenn die Funktionsblockvariable an einem oder mehreren Grenzwerten liegt.
23. Diagnose-Tool nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen Grenzwert als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, in dem die Funktionsblockvariable an einem oder mehreren Grenzwerten lag. 40
24. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1–23, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenerfassungseinheit (48) ferner einen Anwendungsstatusparameter von einem der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt und die Erfassungseinrichtung (48) die Funktionsblockbetriebsparameterdaten ignoriert, die diesem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugeordnet sind, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in welchem der Anwendungsstatusparameter in einem ersten Status war, und die Erfassungseinrichtung die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die dem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig sind, verwendet, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in welchem der Anwendungsstatusparameter in einem zweiten Status war. 45
25. Diagnose-Tool nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung das Problem basierend auf einem aktuellen Wert des Funktionsblockbetriebsparameters für einen der Vielzahl von Funktionsblöcken erfaßt. 50
26. Diagnose-Tool nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung das Problem basierend auf einer Vielzahl von vergangenen Werten der Funktionsblockbetriebsparameter für einen der Funktionsblöcke erfaßt. 55
27. Diagnose-Tool nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung den Wert des Funktionsblockbetriebsparameters mit einem voreingestellten Grenzwert vergleicht, und ferner enthaltend eine Kommunikationseinrichtung (59), die es ermöglicht, daß der voreingestellte Grenzwert von einem Benutzer festgelegt wird. 60
28. Diagnose-Tool nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung das Problem basierend auf einer Vielzahl von Werten des Funktionsblockbetriebsparameters über eine bestimmte Zeit erfaßt, und ferner enthaltend eine Kommunikationseinrichtung (59), die es ermöglicht, daß die bestimmte Zeit von einem Benutzer festgelegt wird.
29. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 28, ferner enthaltend eine Empfehlungseinheit, welche die Verwendung eines weiteren Tools zur Korrektur des erfaßten Problems empfiehlt. 65
30. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfehlungseinheit die Verwendung einer Abstimmereinrichtung empfiehlt.

31. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfehlungseinheit die Verwendung einer Eicheinrichtung empfiehlt.
32. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfehlungseinheit das empfohlene weitere Tool implementiert.
33. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Tool das Erfassen von Prozeßparameterdaten eines Prozeßparameters erfordert und daß ferner eine weitere Datenerfassungseinheit (48) vorhanden ist, die automatisch Proben der Prozeßparameter als die Prozeßparameterdaten unter Verwendung eines Trendobjektes (110) während des Betriebes des Prozeßsteuersystems erfaßt.
34. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Trendobjekt ein virtuelles Trendobjekt (114) ist, das von der weiteren Datenerfassungseinheit geschaffen ist.
35. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Trendobjekt (110) durch einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) geschaffen ist.
36. Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem, das einen Prozessor (54) enthält und das eine Vielzahl von Funktionsblöcken zur Steuerung eines Prozesses verwendet, welches Diagnose-Tool enthält:
- 15 einen computerlesbaren Speicher; und
eine in dem computerlesbaren Speicher gespeicherte Routine, die so ausgelegt ist, daß sie auf dem Prozessor (54) implementiert werden kann, wobei die Routine:
- 20 Daten, die einem Funktionsblockbetriebsparameter für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig sind, auf einer regelmäßigen Basis während des Betriebsablaufes des Prozesses erfaßt;
einen Wert für den Funktionsblockbetriebsparameter jeweils mehrmals während des Betriebes des Prozeßsteuersystems (10) auf der Basis der erfaßten Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt;
ein Problem innerhalb des Prozeßsteuersystems (10) basierend auf den bestimmten Werten der Funktionsblockbetriebsparameter erfaßt; und
einen Bericht erzeugt, in dem das erfaßte Problem gelistet ist.
37. Diagnose-Tool nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Streuungsparameter ist und die Routine Streuungsangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt.
38. Diagnose-Tool nach Anspruch 36 oder 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine einen Streuungswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) aus den Streuungsangaben bestimmt, die von dem einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt wurden, und den Streuungswert mit einem Streuungsgrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen.
39. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 oder 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist und die Routine Modusangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt.
40. Diagnose-Tool nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine einen Moduswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, während dem der eine der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) in einem nicht normalen Modus war, der dem einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig ist.
41. Diagnose-Tool nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Statusparameter ist und die Routine Statusangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt.
42. Diagnose-Tool nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine einen Statuswert für einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, während dem ein Status, der dem einen der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig ist, ein nicht normaler Status war.
43. Diagnose-Tool nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Grenzwertparameter ist und die Routine Grenzwertangaben erfaßt, die einer Funktionsblockvariablen zugehörig sind.
44. Diagnose-Tool nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine einen Grenzwert aus den Grenzwertangaben als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, während dem die Funktionsblockvariable an einem oder mehreren Grenzwerten war.
45. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine ferner einen Anwendungsstatusparameter von einem der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt und die Funktionsblockbetriebsparameterdaten ignoriert, die dem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig sind, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in dem der Anwendungsstatusparameter in einem ersten Status war, und die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die dem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) zugehörig sind, verwendet, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in dem der Anwendungsstatusparameter in einem zweiten Status war.
46. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine das Problem basierend auf einer Vielzahl von historischen Werten der Funktionsblockbetriebsparameter für einen der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46) erfaßt.
47. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine die Verwendung eines weiteren Tools zur Korrektur des erfaßten Problems empfiehlt.
48. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine entweder eine Abstimmroutine, eine Eichungsroutine oder eine Datenanalyseroutine als das weitere Tool empfiehlt.
49. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine das empfohlene

weitere Tool implementiert.

50. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 36 bis 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine die Verwendung eines weiteren Tools empfiehlt, das das Erfassen von Prozeßparameterdaten für einen Prozeßparameter benötigt und automatisch Abtastungen der Prozeßparameter als Prozeßparameterdaten während des Betriebes des Prozeßsteuersystems (10) erfaßt.

51. Verfahren zur Diagnose von Problemen in einem Prozeßsteuersystem, das eine Vielzahl von Funktionsblöcken zur Steuerung des Betriebsablaufes eines Prozesses verwendet, welches Verfahren die Schritte enthält:
Erfassen von Daten, die einem Funktionsblockbetriebsparameter zugehörig sind, von jedem der Vielzahl von Funktionsblöcken während des Betriebes des Prozeßsteuersystems;

Bestimmen eines Wertes für den Funktionsblockbetriebsparameter jeweils mehrmals während des Betriebes des Prozeßsteuersystems auf der Basis der empfangenen Funktionsblockbetriebsparameterdaten;
Erfassen eines Problems innerhalb des Prozeßsteuersystems auf der Basis der bestimmten Funktionsblockbetriebsparameterwerte; und

Berichten des erfaßten Problems an einem Benutzer.

52. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Streuungsparameter ist und der Schritt des Erfassens von Daten den Schritt des Erfassens von Streuungsangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken einschließt.

53. Verfahren nach Anspruch 51 oder 52, dadurch gekennzeichnet, daß es ferner den Schritt des Berechnens einer ersten und einer zweiten Streuungsangabe in jedem der Funktionsblöcke als die Funktionsblockbetriebsparameterdaten enthält, wobei der Schritt des Erfassens den Schritt des Sendens der ersten und der zweiten Streuungsangabe von jedem der Funktionsblöcke zu einer Datenanalyseeinrichtung einschließt, und ferner den Schritt des Berechnens eines Wertes des Streuungsparameters für jeden der Funktionsblöcke in der Datenanalyseeinrichtung einschließt.

54. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist und der Schritt des Erfassens von Daten den Schritt des Erfassens von Modusangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken einschließt.

55. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bestimmens den Schritt des Bestimmens eines Moduswertes für einen der Funktionsblöcke als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode, während dem der eine der Funktionsblöcke entweder in einem normalen oder in einem nicht normalen Modus in Verbindung mit dem Betrieb des einen der Funktionsblöcke war, und der Schritt des Erfassens den Schritt des Vergleichens des Moduswertes für den einen der Funktionsblöcke mit einem Modusgrenzwert enthält.

56. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Statusparameter ist und der Schritt des Erfassens von Daten den Schritt des Erfassens von Statusangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken enthält.

57. Verfahren nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bestimmens den Schritt des Bestimmens eines Statuswertes für einen der Funktionsblöcke als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode, während dem der Status des einen der Funktionsblöcke entweder ein normaler Status oder ein nicht normaler Status in Verbindung mit dem einen der Funktionsblöcke war, und der Schritt des Erfassens den Schritt des Vergleichens des Statuswertes für den einen der Funktionsblöcke mit einem Statusgrenzwert enthält.

58. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Grenzwertparameter ist, der darauf bezogen ist, ob eine Funktionsblockvariable an einem oder mehreren Grenzwerten liegt, und der Schritt des Erfassens von Daten den Schritt des Erfassens von Grenzwertangaben für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken enthält.

59. Verfahren nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Bestimmens den Schritt des Bestimmens eines Grenzwertes für einen der Funktionsblöcke als einen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode enthält, während dem die Funktionsblockvariable an dem einen oder mehreren Grenzwerten liegt, und der Schritt des Erfassens den Schritt des Vergleichens des Grenzwertes für den einen der Funktionsblöcke mit einem Grenzwert des Grenzwertes einschließt.

60. Verfahren nach einem der Ansprüche 51 bis 59, dadurch gekennzeichnet, daß es ferner den Schritt des Erfassens eines Anwendungsstatusparameters von einem der Vielzahl von Funktionsblöcken enthält, wobei der Schritt des Erfassens die Schritte des Ignorierens der Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die dem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken zugehörig sind, beim Erfassen des Problems, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in dem der Anwendungsstatusparameter in einem ersten Status war, und des Verwendens der Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die dem einen der Vielzahl von Funktionsblöcken zugehörig sind, um das Problem zu erfassen, enthält, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in dem der Anwendungsstatusparameter in einem zweiten Status ist.

61. Verfahren nach einem der Ansprüche 51 bis 60, ferner enthaltend den Schritt des automatischen Empfehlers der Verwendung eines weiteren Tools zur Korrektur von einem oder mehreren erfaßten Problemen.

62. Verfahren nach einem der Ansprüche 51 bis 61, ferner enthaltend den Schritt des automatischen Erfassens von Prozeßparameterdaten während des Betriebes des Prozeßsteuersystems zur Verwendung durch das weitere empfohlene Tool.

63. Funktionsblock zur Ausführung durch einen Prozessor in einer Prozeßsteuerumgebung, umfassend:
einen computerlesbaren Speicher;

eine erste Routine, die in dem computerlesbaren Speicher gespeichert ist und so ausgelegt ist, daß sie durch den Prozessor ausgeführt wird, um eine Prozeßoperation zu implementieren, wobei ein erstes Signal einer Operation der ersten Routine zugehörig ist; und

eine zweite Routine, die in dem computerlesbaren Speicher gespeichert ist und so ausgelegt ist, daß sie durch den

Prozessor ausgeführt wird, um eine Steuerungsangabe basierend auf dem ersten Signal zu bestimmen.

64. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblock ein Eingabefunktionsblock ist, das erste Signal eine Prozeßparametermessung angibt und die zweite Routine eine statistische Messung des ersten Signals mit einer momentanen Messung des ersten Signals vergleicht, um die Steuerungsangabe zu bestimmen.

65. Funktionsblock nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß die statistische Messung des ersten Signals ein Mittelwert ist.

66. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblock ein Steuerfunktionsblock ist, der ein Prozeßparametersignal und einen Sollwert verwendet, um ein Steuersignal zu erzeugen, wobei die zweite Routine das Prozeßparametersignal und den Sollwert vergleicht, um die Steuerungsangabe zu bestimmen.

67. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangabe den integralen Quadratwert eines Fehlers zwischen dem ersten Signal und einem anderen Wert, der dem Funktionsblock zugehörig ist, angibt.

68. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Routine einen neuen Wert für die Steuerungsangabe nach jeder einer Vielzahl von Ausführungen der ersten Routine berechnet.

69. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangabe auf einer Berechnung des mittleren absoluten Fehlers des ersten Signals basiert.

70. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangabe auf einer Berechnung eines Bewegungsbereichsdurchschnitts, der dem ersten Signal zugehörig ist, basiert.

71. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangaben einen ersten Wert, der einen mittleren absoluten Fehler des ersten Signals darstellt, und einen zweiten Wert, der einen Bewegungsbereichsdurchschnitt des ersten Signals darstellt, einschließt.

72. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangabe einen ersten Steuerungswert, der eine tatsächliche Gesamtstandardabweichung angibt, die dem ersten Signal zugehörig ist, und einen zweiten Steuerungswert, der eine Fähigkeitsstandardabweichung, die dem ersten Signal zugehörig ist, angibt, enthält.

73. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungsangabe (V) berechnet wird als

$$V = 1 - \frac{S_{1\sigma} + s}{S_{tot} + s}$$

worin $S_{1\sigma}$ eine Minimumstandardabweichung ist, die mit der Rückkopplungsregelung erwartet wird, S_{tot} eine tatsächliche gemessene Standardabweichung ist und s ein Empfindlichkeitsfaktor ist.

74. Funktionsblock nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblock ein Feldbus-Funktionsblock ist und eine Kommunikationseinheit enthält, die die Steuerungsangabe über einen Feldbus-Bus unter Verwendung eines Feldbus-Protokolls weitergibt.

75. Funktionsblock zur Ausführung auf einem Prozessor als Teil einer Prozeßsteueranwendung innerhalb einer Prozeßsteuerumgebung, enthaltend:

einen computerlesbaren Speicher;

eine erste Routine, die in dem computerlesbaren Speicher gespeichert ist und so ausgelegt ist, daß sie auf dem Prozessor ausgeführt werden kann um eine Prozeßoperation als Teil der Prozeßsteueranwendung zu implementieren; und

eine Statusvariable, die auf einen ersten Status gesetzt wird, wenn die Prozeßsteueranwendung den Funktionsblock in einem Versuch, die Prozeßoperation auszuführen, benutzt, und auf einen zweiten Status gesetzt wird, wenn die Prozeßsteueranwendung den Funktionsblock in einem Versuch, die Prozeßoperation durchzuführen, nicht nutzt.

76. Funktionsblock nach Anspruch 75, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblock ein Feldbus-Funktionsblock ist und eine Kommunikationseinheit enthält, die die Statusvariable über einen Feldbus-Bus unter Verwendung eines Feldbus-Protokolls mitteilt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

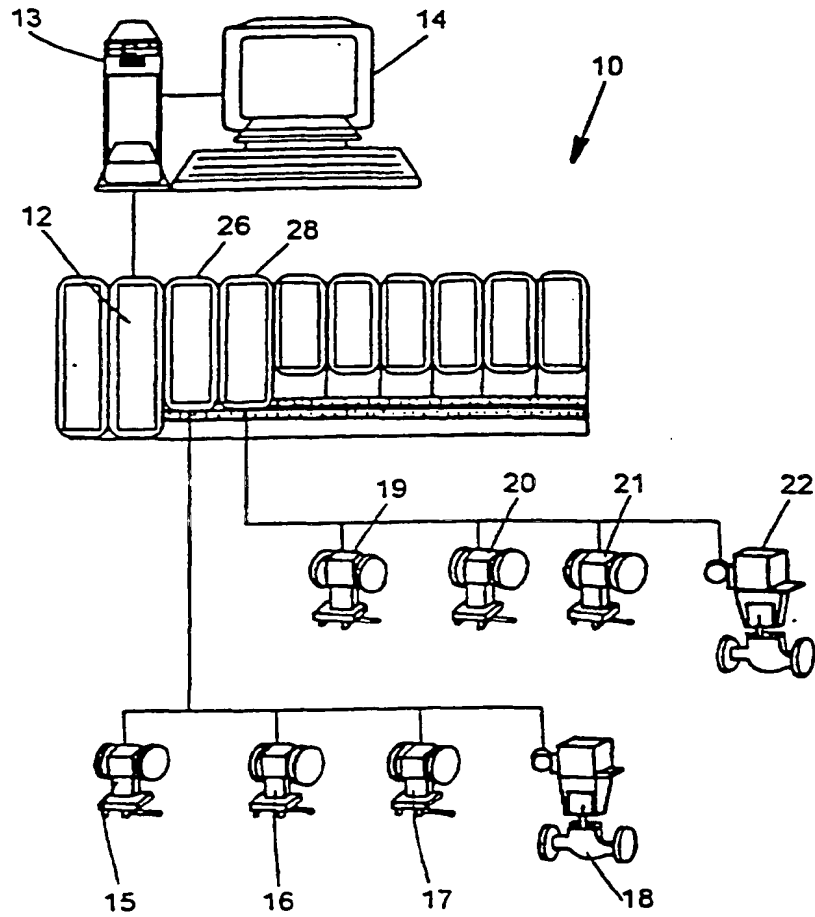


FIG. 1

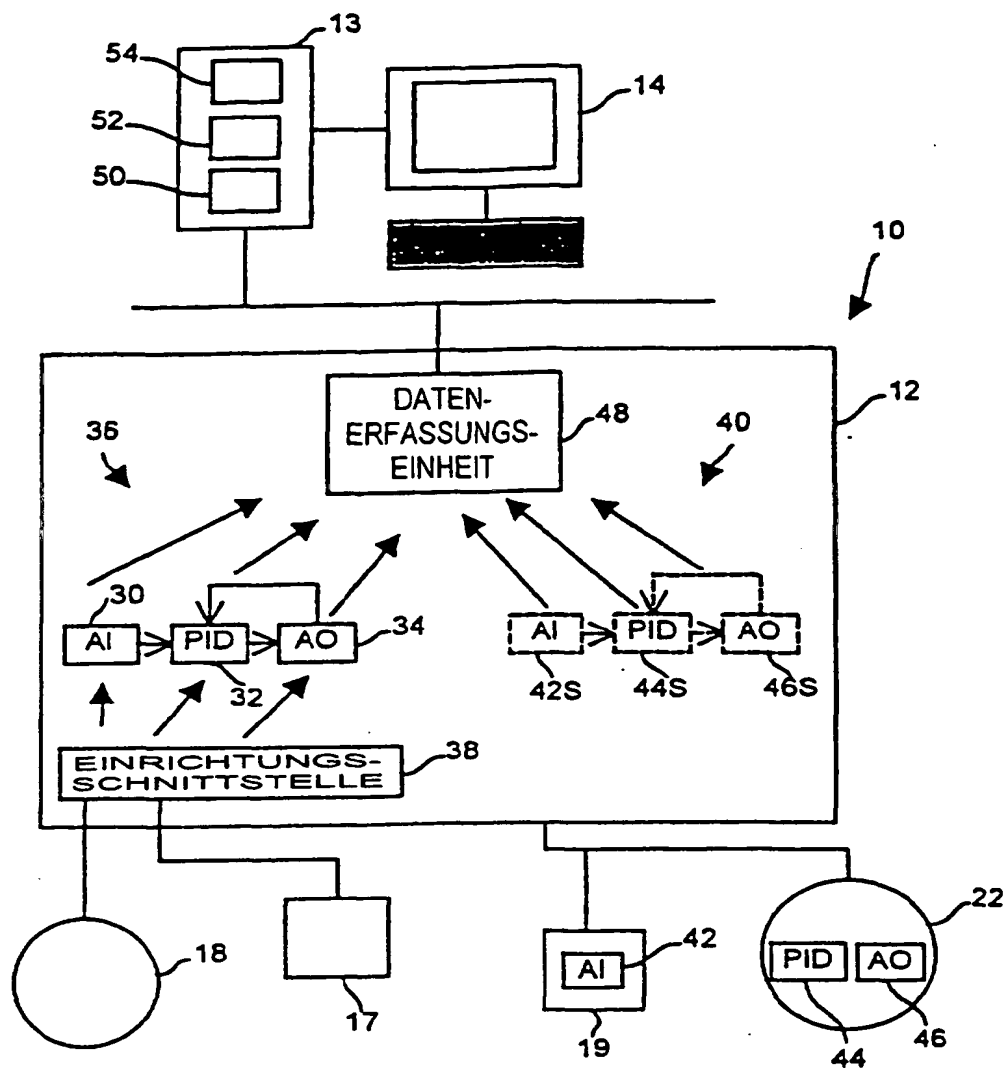


FIG. 2

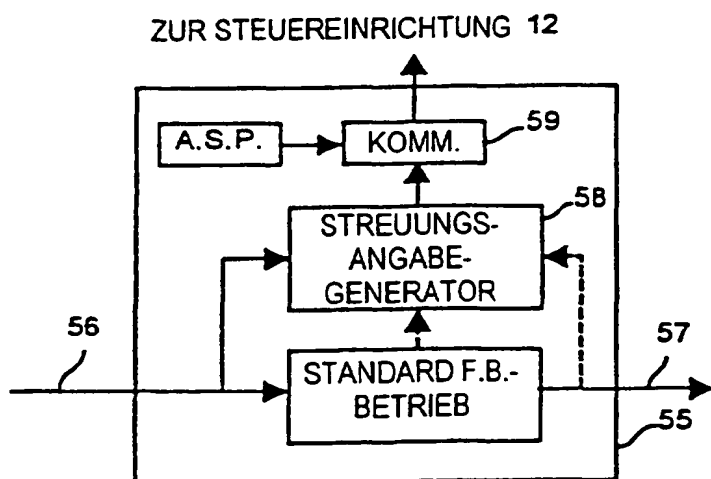


FIG. 3

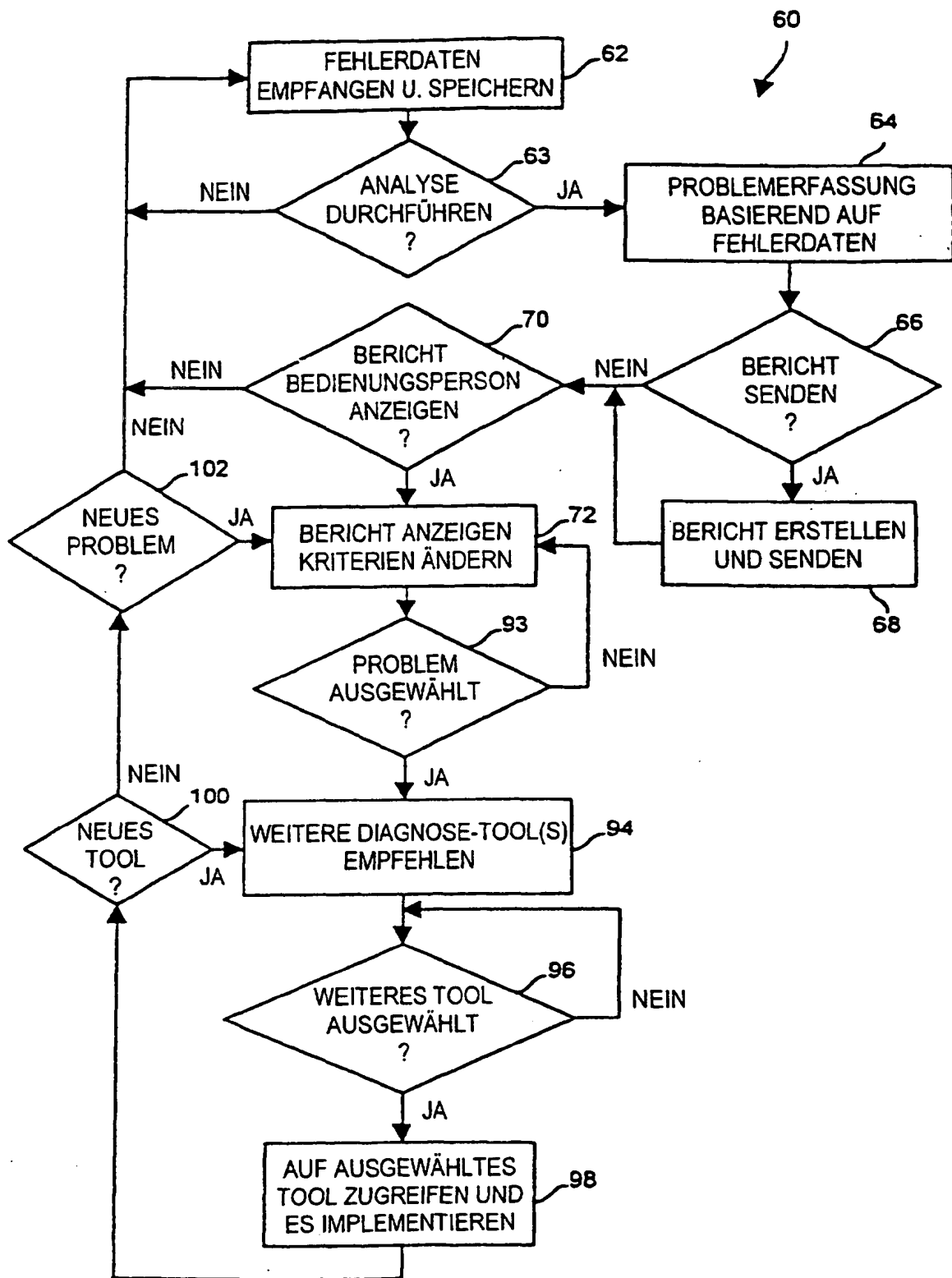


FIG. 4

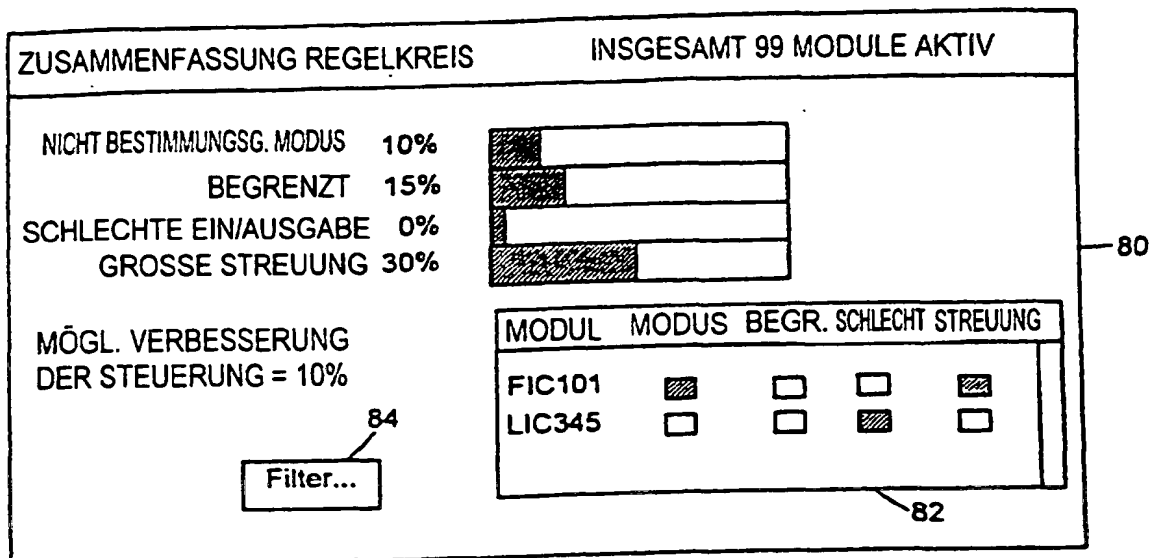


FIG. 5

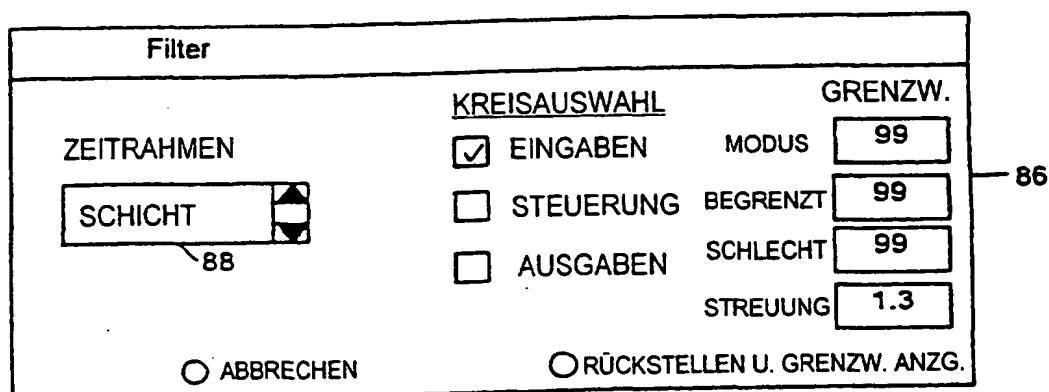


FIG. 6

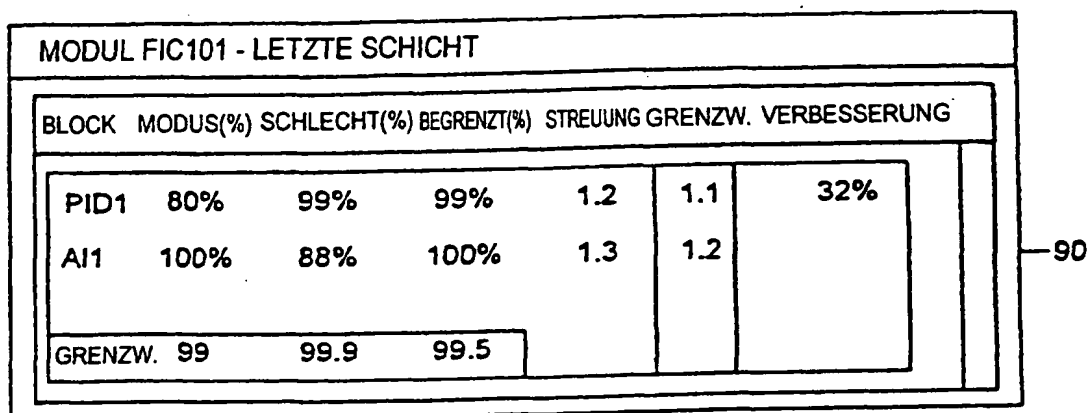


FIG. 7

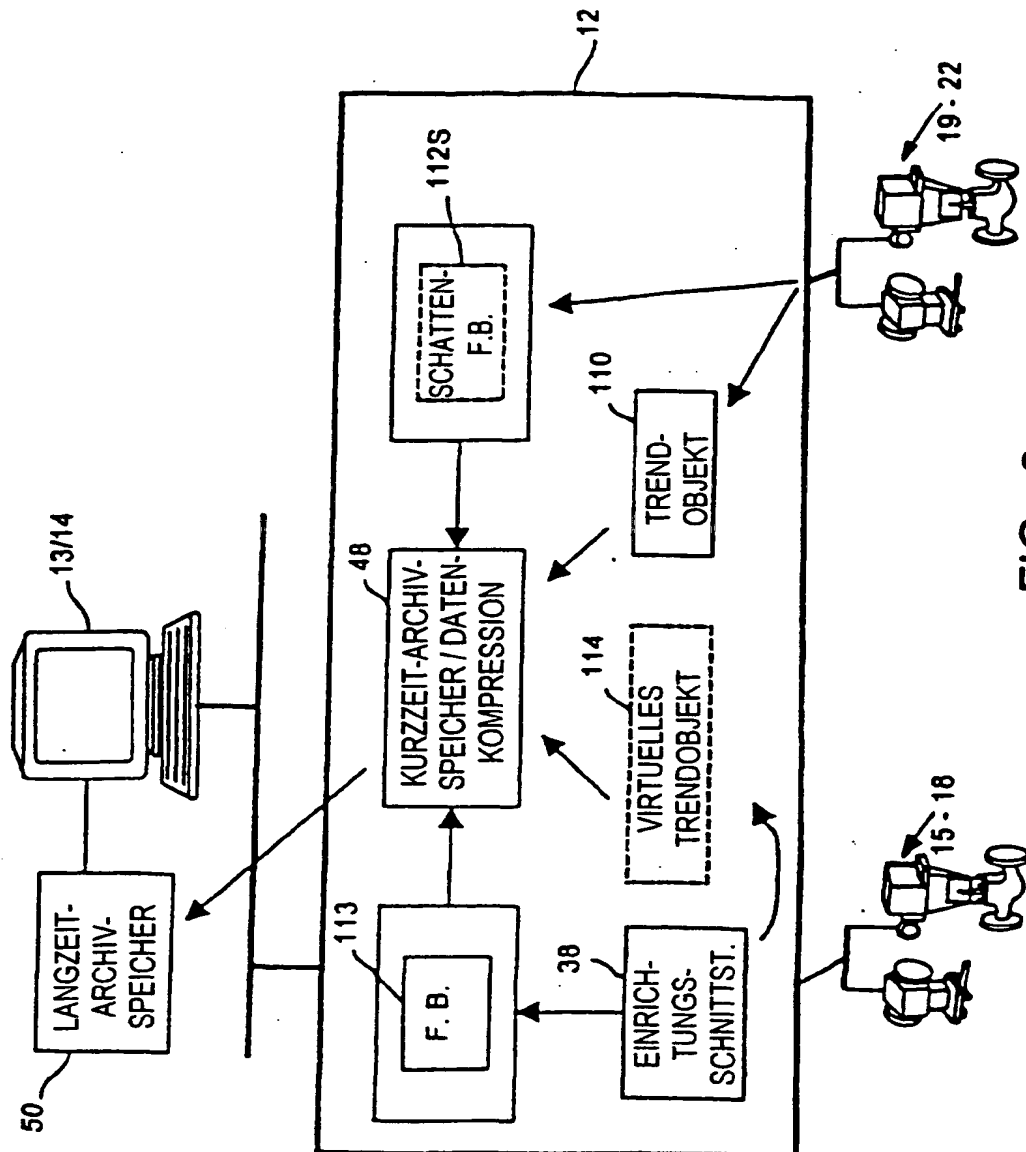


FIG. 8